LA NATURE

REVUE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS



LE MASSIF CENTRAL EST-IL TOUJOURS LE « POLE RÉPULSIF » DE LA FRANCE ?

Le Tarn au Pas de l'Arc et le Causse Méjean (*Photo* MARTEL).

N° 3213 – Janvier 1953 Revue mensuelle Le Numéro : 200 francs

Actualités et informations

La plus grande station de pompage du monde

La plus grande station de pompage du monde est en cours de réalisation à l'usine hydroélectrique du Grand Coulée aux États-Unis. Cette usine comporte actuellement 15 groupes générateurs pouvant produire près de deux millions de kilowatts. Il y a été annexé en mai 1951 un groupe moto-pompe de 65 000 ch. Six pompes semblables sont en cours d'installation. La station de pompage une fois terminée comprendra douze de ces moto-pompes. Elle sera capable d'irriguer jusqu'à près de 100 km une superficie de plus de 400 000 ha.

*
* *

Parmi les nouveaux produits américains, on signale : une émulsion à base de silicones qui, appliquée sur des pièces finies (plaquées ou peintes), forme un film invisible, tenace et exempt de craquelures, protégeant les pièces contre la corrosion tout en les débarrassant des huiles et graisses ; une poudre lubrifiante sèche, stable entre — 90° et 320° C, isolante aux températures ordinaires, permettant d'éviter le frottement et le grippage entre les surfaces en contact et particulièrement indiquée pour la lubrification des machines neuves et les opérations d'emboutissage profond.

*
* *

L'extension du laboratoire d'aérodynamique d'Amsterdam a été décidée par le gouvernement néerlandais. Il y sera construit un tunnel pour les mesures de vitesses supersoniques.

*
* *

Le Bureau Central du Plan, en Hollande, vient de publier les projets d'ordre économique pour l'année 1952 comportant les prévisions de l'exercice en cours. On y relève que l'augmentation du taux de la production individuelle est estimée à 6,9 pour 100 par rapport à celle de 1951.

*
* *

La municipalité de Rotterdam a décidé l'installation d'un système de pilotage par radar au Nieuwe Waterweg, l'importante voie de communication reliant le port à la mer du Nord.

SOMMAIRE

Un congrès international d'ingénieurs à Rome en 1953

La Fédération internationale des associations nationales d'Ingénieurs organise un congrès international qui se tiendra à Rome en octobre 1953. Le thème général en sera « la préparation de l'ingénieur à son rôle dans la société ». Il comprendra six parties : l'ingénieur dans l'échelle de la profession technique ; dans l'économie ; dans l'administration et la vie publique ; dans la structure sociale de la nation ; dans le cadre de l'ensemble des professions ; dans l'Europe en gestation.

Le congrès sera suivi de l'assemblée générale de la Fédération internationale des associations nationales d'Ingénieurs et de visites techniques facultatives.

*
* *

La Commission américaine pour l'énergie atomique annonce qu'au cours des six dernières années, le laboratoire d'Oak Ridge a effectué 35 000 envois de radio-isotopes aux États-Unis et dans 33 pays étrangers.

*
* *

Une hormone synthétique, le cyclopentylestradiol, permettrait d'augmenter la fécondité du bétail, notamment des brebis.

Usine automatique pour ampoules électriques

Une nouvelle usine entièrement automatique pour la fabrication des ampoules électriques est entrée en service à Harworth près de Doncaster. Des aspirateurs transbordent les matières premières des wagons dans des silos qui les délivrent automatiquement au four fabriquant 150 t de verre par jour. Le verre en fusion est dirigé vers deux machines constituant chacune une chaîne de fabrication. L'une peut livrer 500 000 ampoules de 70, 100 et 150 W ; l'autre un million d'ampoules plus petites. L'emballage et le contrôle sont également automatiques.

*
* *

Une société américaine fabrique deux types de métaux à enveloppe de plomb pour usages corrosifs, métaux dans lesquels le plomb est lié d'une façon permanente au métal de base. L'un de ces types (« Cupralum ») est fabriqué par un procédé qui consiste à étirer simultanément le cuivre et le plomb et assure leur liaison chimique ; l'autre type (« Ferrolum ») est obtenu à l'aide d'une machine permettant de réaliser la liaison de l'acier et du plomb sans incorporation d'étain.

*
* *

Le transport du poisson par avion se développe au Canada. Le premier envoi en novembre 1948 était de 12 kg. Actuellement l'aérodrome de Montréal reçoit plus de 500 livres (225 kg) de poisson frais par jour

*
* *

Le Danemark établit un laboratoire de recherches fruitières qui sera installé à l'École polytechnique de Copenhague. Il est destiné à étudier l'utilisation industrielle des fruits et leur conservation.

*
* *

Il a été annoncé à la dernière réunion annuelle de l'Institut américain des sciences biologiques à l'Université de Cornell que des quantités infinitésimales de certains antibiotiques, notamment de terramycine, ont une action stimulante sur la croissance des plantes. Les études ont été poursuivies par le docteur Nickell notamment sur le maïs.

LA NATURE

Revue mensuelle

DUNOD, Éditeur

92, rue Bonaparte,
PARIS-6e

C. C. P. Paris 75-45 — Tél. DAN. 99-15

ABONNEMENTS 1953

France et Union fse : **un an : 2 000 francs six mois : 1 000 francs**

Etranger (sauf Belgique et Luxembourg) :
un an : 2 500 francs six mois : 1 250 francs

Belgique et Luxembourg :
un an : 325 f belges six mois : 163 f belges

Changement d'adresse : 30 F en timbres-poste français ou l'équivalent en monnaie étrangère

N° 3213 Janvier 1953

LA NATURE

Le Massif Central est-il toujours le « pôle répulsif » de la France ?

On a souvent cité la phrase du géographe Élie de Beaumont disant voici un siècle : « Le Massif Central est le pôle répulsif de la France ». On continue à la citer. Les choses cependant n'ont-elles pas évolué depuis ?

∴

Pour apprécier à sa valeur la phrase d'Élie de Beaumont, il faut opposer le Massif Central au Bassin Parisien, « pôle attractif de la France ». Dans l'un et l'autre cas, ce n'est pourtant pas la situation générale dans le cadre du territoire français qui justifie de prime abord le jugement du géographe.

En effet, ces régions sont toutes deux situées au « centre » de la France (le point mathématique en serait exactement fixé à Saulzais-le-Potier, dans le sud du Berri, hors du Massif Central). Le Bassin Parisien forme le centre-nord de la France, le Massif en forme le cendre-sud. Mais déjà celui-ci est défavorisé : sa situation ne le met pas sur la voie de comparables courants commerciaux; au Moyen Age, c'est en Champagne, à l'intersection des routes Flandre-Méditerranée et Paris-frontière d'Allemagne, que se tenaient les plus grandes foires du royaume.

Mais cet élément suffit-il à expliquer l'isolement de la région ? Au vrai, c'est le relief et son influence sur le climat qui sont ici l'élément déterminant. Tandis que les plaines du Bassin Parisien sont largement ouvertes vers le dehors, que voies d'eau et de terre y furent aisément aménagées, que des sols limoneux et riches y attiraient les hommes, au contraire le Massif Central apparaît dans notre histoire comme un refuge, une zone inhospitalière que l'on contourne au lieu de la traverser. Tandis que l'unité française s'est faite autour de Paris, le Massif Central n'a été réuni que tardivement, par morceaux successifs, à la couronne capétienne. Tandis que le réseau ferroviaire et routier se tissait en toile d'araignée à partir de Paris, affermissant le rôle centralisateur de la capitale, le Massif Central a continué longtemps à être ignoré par les voies de communication modernes : le mot lui-même se comprend mieux si l'on retient la définition de A. Cholley : « Par contraste avec les régions basses, de parcours aisé, qui l'en-

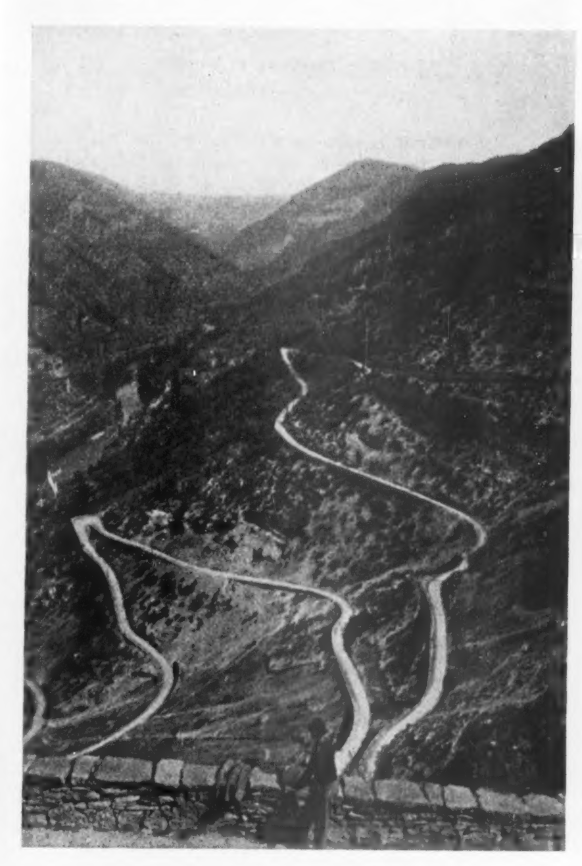


Fig. 1. — *Dans les gorges du Tarn.*
Lacets de la route à la Malène (Lozère).
(*Photo* Yvon).

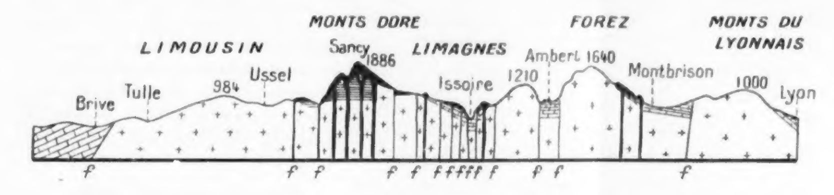


Fig. 2. — *Coupe schématique est-ouest de Lyon à Brive.*
(D'après Ph. Glangeaud).

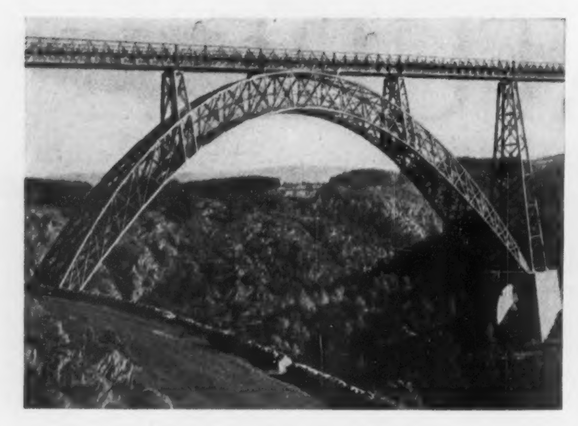


Fig. 3. — *Le viaduc de Garalit.*
(*Photo-Éditions Bos, Aurillac*).



Fig. 4. — *Solitudes pastorales dans les Monts Dore.*
(*Photo* P. WAGRET).

tourent, il apparaît comme le *pilier central* du relief de la France ». Les eaux courantes divergent de là dans toutes les directions; c'est bien le château d'eau de la France.

Comment l'appeler d'ailleurs ? Massif ou Plateau Central ? Le second terme met l'accent sur la forme principale du relief; mais il a le tort d'évoquer une plateforme unie n'offrant guère d'obstacles aux communications. Aussi lui préfère-t-on généralement le terme de massif, insistant davantage sur la structure géologique et l'isolement persistant de ce monde si divers, qui s'étend sur la sixième partie du territoire.

Structure et relief s'opposent à des relations faciles : une coupe Est-Ouest (fig. 2) révèle une fragmentation en blocs basculés (*horsts*) et fossés d'effondrement (*graben*) gênante pour les communications transversales. C'est pourtant par là que passent les relations les plus directes, à vol d'oiseau, entre l'Atlantique et la Suisse, entre le Nord-Ouest et la Méditerranée, « les plus directes, mais malheureusement pas les plus commodes... » (Arbos). Dans le sens Nord-Sud, la circulation est aussi malaisée dès qu'on a quitté les bassins de la Loire et de l'Allier, qui se terminent en cul-de-sac vers l'amont.

De quelque côté qu'on l'aborde d'ailleurs, l'originalité du Massif apparaît nettement. La présence de roches anciennes, un relief accidenté, un air plus vif, des villages plus rares et moins cossus ne laissent aucun doute sur la transition : on est entré dans un domaine tout nouveau.

Le point culminant, au Sancy, n'atteint que 1 886 m : ce n'est pas l'altitude qui gêne les communications, ce sont ces escarpements de faille, ou ce « relief en creux » qui entaille de vallées profondes le socle cristallin. Les routes doivent décrire des lacets répétés dans le fond des gorges désertes (fig. 1), « pour remonter sur les croupes opposées, allongeant leur parcours, dont il leur arrive parfois de doubler la longueur » (Cavaillès). Les chemins de fer de leur côté sont tenus à de nom-

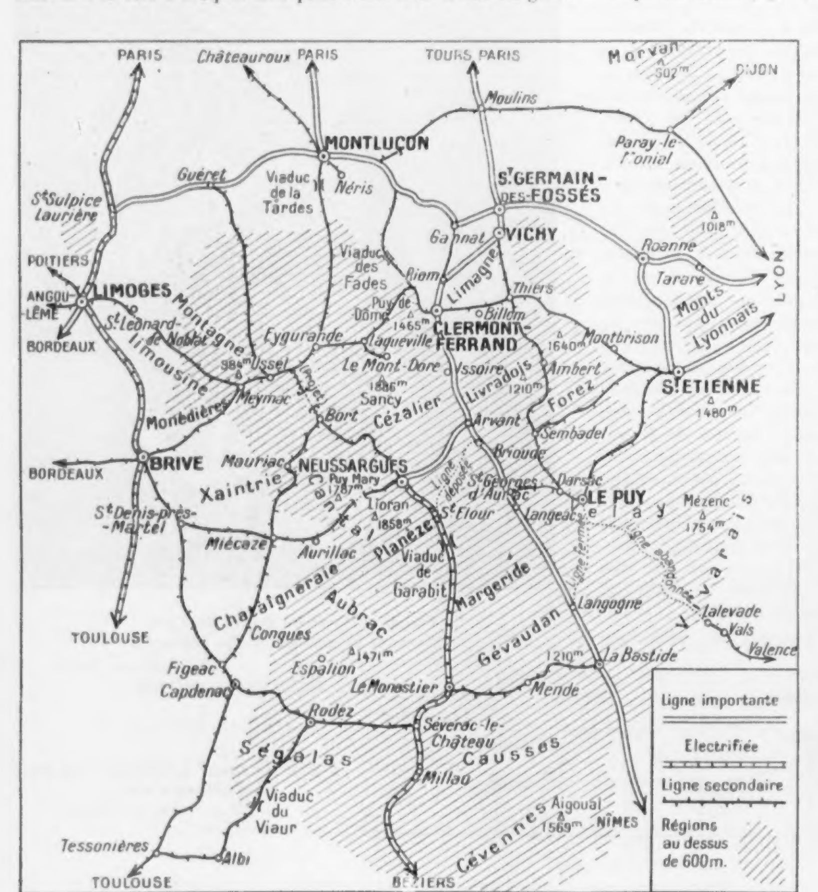


Fig. 5. — *Les voies ferrées du Massif Central.*

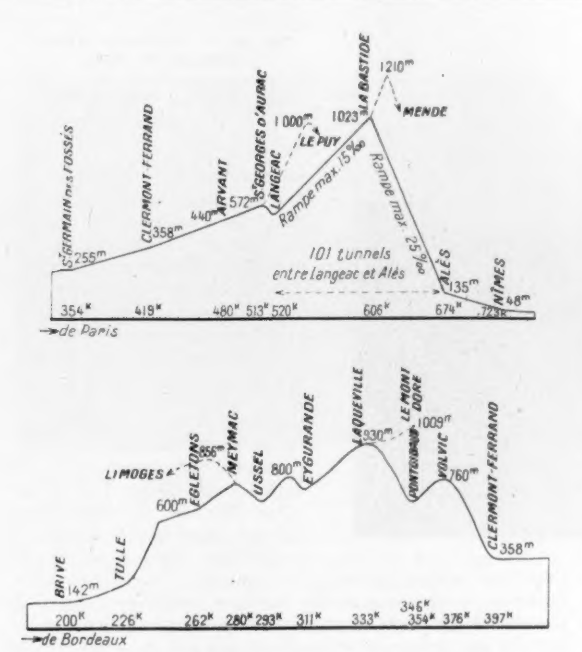


Fig. 6 et 7. — *Profils schématiques des lignes Paris-Nîmes* (*en haut*) ***et Brive-Clermont-Ferrand*** (*en bas*).

breux travaux d'art, ponts, tunnels, viaducs parmi lesquels les plus célèbres de France : Garabit (fig. 3), construit par Eiffel de 1880 à 1885, haut de 122 m, les Fades, le plus haut de France (132 m), édifié en 1909, le Viaur (1902, 116 m), la Tardes (91 m), etc. ; en tout 11 viaducs de plus de 50 m de hauteur, sur un total de 25 en France.

Les voies ferrées (fig. 5) et les routes courent ensuite à travers herbages et bruyères sur les hauts plateaux, atteignant pour les premières 1 210 m, près de Mende ; cette altitude n'est dépassée que par deux lignes pyrénéennes, Ax-Puigcerda et Pau-Canfranc. Le Massif Central possède cinq des dix lignes les plus élevées de France, contre deux aux Pyrénées et trois aux Alpes. L'altitude en soi ne signifie rien, l'important est que de larges vallées « aèrent » la montagne, ce qui, sauf exception (auges glaciaires des Dore et du Cantal), n'est pas le cas ici.

D'où la nécessité de fortes rampes qui, avec les coûteux ouvrages d'art, ont limité l'établissement des lignes, et, depuis 1914, interrompu de nouveaux projets (Espalion-Saint-Flour, Le Puy-Lalevade d'Ardèche). Avant la construction des transpyrénéens, c'est le Massif Central qui possédait les plus fortes rampes de la France entière : 35 mm par mètre entre Laqueuille et le Mont-Dore, 33 mm entre Arvant et le Lioran, Neussargues et Béziers, Brioude et Saint-Flour (ligne désaffectée où avaient lieu avant la guerre les essais de freins pour les chemins de fer français) ; d'autres lignes atteignent 30 mm. Seules, les deux lignes des Pyrénées déjà citées dépassent ces chiffres : il n'existe dans les Alpes aucune rampe supérieure à 30 mm. Nos figures 6 et 7 donnent les profils schématiques des lignes Paris-Nîmes et Brive-Clermont-Ferrand.



Fig. 8. — *Le Lioran (1 153 m) et la sortie du tunnel en direction de Vic-sur-Cère* (Photo Yvon).

Ces quelques précisions illustrent les difficultés qu'il fallait vaincre. Aussi ces lignes reviennent-elles beaucoup plus cher que les lignes de plaine. Le problème est différent pour les routes, dédaigneuses du relief, qui pénètrent partout, escaladent l'Aigoual (1 569 m) et le Cantal (Pas de Peyrol, 1 590 m), desservent les vallées les plus reculées ; la collaboration du rail et de la route est une nécessité dans le Massif Central.

Le climat également, par l'enneigement prolongé de l'hiver, gêne la circulation sur les voies élevées, si nombreuses ici. Il



Fig. 9. — *Le Bramabiau et l'Aigoual.* Au premier plan, la gorge du torrent souterrain qui sort par une fissure de la table calcaire, trouée (*à gauche*) par une vaste doline d'effondrement. A l'horizon, les hautes croupes du massif ancien de l'Aigoual.

(*Photo* E. de Martonne, *Géographie universelle*, Armand Colin).



Fig. 10. — *Le causse Méjean au-dessus du Tarn.*
Vue prise du col de Montmirat (1 000 m) entre Florac et Mende (Lozère).
(*Photo* Barbier).

ne se passe pas d'année sans que soient interrompues plusieurs lignes: ainsi pour l'hiver 1950-1951 (d'après Mme R. Caralp) :

Ligne Laqueuille-le Mont Dore, les 2-3 janvier, le 6 février.

Lignes Tulle-Clermont et Limoges-Ussel, les 2-3 janvier.

Ligne Neussargues-Aurillac par le Lioran, les 1er-2-3 janvier, 26 février, 9 mars.

Ligne Mende-la Bastide, les 26-27 décembre, du 28 janvier au 2 février, du 28 février au 14 mars.

Sur cette dernière ligne, la plus haute du Massif, on a dû établir des galeries couvertes (seul exemple en France), pour la protéger des congères accumulées par le vent à la surface des plateaux déserts; elle reste néanmoins la plus souvent interrompue des lignes françaises. Ailleurs, des pare-neige, des haies d'arbres n'évitent pas toujours le recours aux chasse-neige chaque hiver. C'est le danger de l'enneigement qui a amené les constructeurs de la ligne et ceux de la route à prévoir pour chacune un tunnel sous le col du Lioran (fig. 8).

Une telle épaisseur de neige n'est pas étonnante : les précipitations, aggravées par le relief, sont abondantes, 1 700 mm par an au Puy-de-Dôme, 1 900 mm au Lioran, 2 175 mm au mont Aigoual (*Aqualis*, « le pluvieux »), record de France (fig. 9). On sait, d'autre part, l'isolement dont souffrent pendant les mois d'hiver de nombreux villages de la Margeride, des Dore ou du Velay, qui possède le village le plus élevé du Massif (les Estables, 1 350 m). Un peu partout, il subsiste de ces chapelles, charmantes aujourd'hui l'été au milieu des pâturages, mais dont la mission était jadis de rallier par leur glas les voyageurs égarés. Entre des plateaux déserts balayés par la bise, « Col de la Croix-Morand Veut son homme tous les ans », affirmait un dicton du Mont-Dore.

Aujourd'hui encore, c'est la section Saint-Flour-Valence du rallye hivernal de Monte-Carlo qui passe pour la plus meurtrière du parcours. Nous avons dit ailleurs (*Rail et Route*, avril 1952) combien le metteur en scène Christian Jacque avait rendu de façon saisissante, dans son film *Sortilèges*, cette atmosphère angoissante d'âpreté et de solitude qui caractérise la vie rurale pendant les mois d'hiver sur les hautes surfaces enneigées du Massif Central.

Reportons-nous plusieurs siècles en arrière : alors, pas de voies ferrées, de rares chemins peu utilisables, guère d'échanges commerciaux, seuls les pèlerins se hasardant dans les horizons déserts du Gévaudan ou de l'Aubrac (fig. 11 et 12). En bref, pour chacune des petites cellules rurales, c'était l'autarcie forcée par l'isolement le plus sauvage, que nulle contrée en France ne connaissait à cette échelle. Il y a seulement cent ans, ce tableau restait vrai dans ses grandes lignes.

*
* *

Au cours des siècles, ce massif d'allure peu hospitalière avait fait hésiter les hommes à s'y engager, que leurs intentions fussent belliqueuses ou pacifiques. César et ses légions y trouvèrent l'échec devant Gergovie, les Arabes remontant d'Espagne préférèrent le large seuil du Poitou, où Charles Martel devait, l'an 732, interrompre leur destin. Au XIIIe siècle, les





Fig. 11 et 12. — *L'Aubrac.* *A gauche :* ***Aumont*** *; à droite :* ***une « vacherie »*** (*Photos-Éditions* Mys, Agen).



Fig. 13. — *La Montagne limousine.*
Vue de la route N 89 à Egletons (Corrèze).

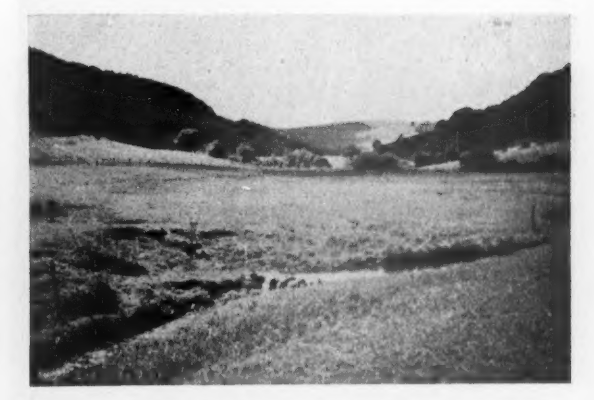
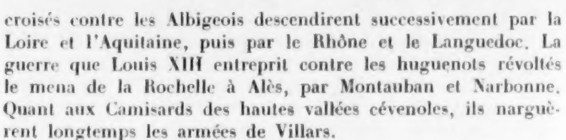


Fig. 14. — *Haute vallée d'Auvergne près de Besse-en-Chandesse.*
(*Photos* P. Wagret).



croisés contre les Albigeois descendirent successivement par la Loire et l'Aquitaine, puis par le Rhône et le Languedoc. La guerre que Louis XIII entreprit contre les huguenots révoltés le mena de la Rochelle à Alès, par Montauban et Narbonne. Quant aux Camisards des hautes vallées cévenoles, ils narguèrent longtemps les armées de Villars.

Le commerce également préférait emprunter d'autres voies. Déjà les routes romaines contournaient les hautes terres (Lyon-Saintes par Roanne et Néris-les-Bains, Nîmes-Saintes par Toulouse). Les routes médiévales — si l'on en excepte ces « drailles » de transhumance qui amenaient l'été vers la montagne les troupeaux des plaines surchauffées du Midi — n'intéressaient guère que les pèlerins se hâtant vers Avignon, Rome, ou Saint-Jacques en Espagne; chacune était jalonnée de sanctuaires vénérés : la Vierge noire de Marsat, Notre-Dame-du-Port de Clermont, Saint-Paul d'Issoire, Saint-Julien de Brioude, Sainte-Foy de Conques, la Vierge du Puy surtout; telles la voie Regordane (Clermont-le Puy-Nîmes), la voie du Puy à Conques, Moissac et Roncevaux, la voie de Vézelay à Saint-Léonard-de-Noblat, à Périgueux et aux Pyrénées, auprès desquelles ont grandi nos magnifiques édifices romans.

Le XVIIIe siècle vit construire ces routes royales qui faisaient l'admiration de l'Anglais Arthur Young (« Ces routes sont superbes jusqu'à la folie! »), comme cette voie de Paris à Narbonne par Clermont, Saint-Flour et Millau, due à Trudaine, et dont la N 9 actuelle n'a fait que reprendre le tracé « le plus beau du monde, et établi de façon à dominer toujours le paysage ». Mais construites pour relier rapidement la capitale aux lointaines provinces, ces routes n'assuraient qu'un rôle économique restreint. Surtout, leur réseau très lâche laissait entre ses mailles de grands vides. Encore aujourd'hui, le trafic de transit déserte les routes du Massif Central qui ne servent guère qu'aux transports locaux. De leur côté, les automobilistes pressés préfèrent allonger quelque peu leur parcours, mais gagner du temps en évitant ces itinéraires certes pittoresques, mais sinueux et accidentés.

Le Massif Central faillit avoir son réseau ferré à part; mais le « Grand Central » fut finalement partagé entre le P. O., le Midi et le P. L. M. Les lignes Clermont-Nîmes, Neussargues-Béziers et Limoges-Lyon par Gannat ont toujours été défavorisées par la lenteur et la faiblesse du trafic. Bien plus rapides sont les relations Paris-Béziers par Toulouse ou par Lyon que par la voie directe, même électrifiée depuis 1931, pour des raisons d'ailleurs étrangères à l'intérêt général (il s'agissait pour la Compagnie du Midi d'accaparer les expéditions de vins du Languedoc). Le plus court trajet Clermont-Nice s'établit par Langeac et Nîmes mais, si l'on veut arriver plus tôt, on utilisera les voitures directes *via* Lyon-Avignon.

Actuellement, la plus grande partie du trafic marchandises entre Bordeaux et Lyon s'effectue par Saint-Pierre-des-Corps et Vierzon, ou par Narbonne et Tarascon. L'avantage des lignes de plaine, en partie électrifiées, capables de supporter des trains





Fig. 15. — *Sur le Larzac.*
Au premier plan, butte de calcaires dolomitiques ruiniformes ; plus loin, à droite, avens creusant le plateau crayeux.
(*Photo* E. de Martonne,
Géographie universelle, Armand Colin).



Fig. 16. — ***Volvic et la plaine effondrée de la Limagne.***
(*Photo* P. WAGRET).



Fig. 17. — ***Vieux pont gothique sur la Sioule à Menat (Puy-de-Dôme).***
(*Photo* P. WAGRET).

lourds, apparaît évident. Aussi le réseau du Massif Central manque-t-il d'homogénéité; que de coins perdus à plus de 30 km du chemin de fer, dans le Cézalier, la Montagne limousine, l'Aubrac, les Causses ou le haut Vivarais! (fig. 10 et 12 à 15).

N'étant pas intéressé aux grands courants d'échanges interrégionaux, défavorisé par la structure en hameaux éparpillés de son économie rurale, le Massif Central a continué à vivre, dans beaucoup de ses régions, replié sur lui-même, d'une vie « pétrie d'archaïsme, ... de routine et d'ancienneté » (Meynier). A cause de la difficulté des communications, aucun centre urbain, Clermont ou Limoges, n'a réussi à étendre bien loin son influence; jamais, au cours des âges, il ne s'est formé ici une vaste province répondant à la région naturelle; tantôt français, tantôt anglais, constamment pillé par les brigands comme cet Aymerigot Marchès dont nous parle Froissart, le pays a vécu divisé en compartiments isolés. D'où la persistance de ce particularisme qui frappe encore l'étranger.

En Auvergne même, Brioude regardait vers le Puy, ce qui explique son rattachement au département de la Haute-Loire; et le Cantal s'orientait autour d'Aurillac. L'influence de Clermont se réduisait au nord de la province. Il subsiste encore des cantons complètement à l'écart de la vie de relations, comme la Xaintrie ou le Carladez, ou cette si jolie vallée de Mandailles, véritable « bout du monde » au pied du puy Mary. On peut multiplier les exemples, en Morvan, en Limousin, en ce Gévaudan au renom sinistre...

Ph. Arbos rappelle que « sous la Restauration, les hommes ne circulaient qu'à cheval dans le Cantal, et les marchandises qu'à dos de mulets. Un peu partout en Auvergne, on garde le souvenir de temps où les veaux allaient au marché à dos de bêtes de somme ». On se sert encore de l'araire et du fléau dans certains villages, et il est des hameaux du Velay qui ont vu des Allemands pour la première fois en 1944, à cause du maquis. Les événements du dehors n'arrivent ici qu'en écho assourdi, les notions sur les problèmes qui dépassent l'échelle locale demeurent très relatives : c'est l'ancienne vie simple et immobile des paysans, héritiers des sujets de Le Nain, figurants anonymes de ce *Farrebique* qui les a révélés à beaucoup.

Cette simplicité dans le genre de vie se double d'archaïsme. Le Massif Central, sauf les Limagnes et le haut Limousin, s'est tenu à l'écart du grand mouvement de rénovation agricole qui a commencé au siècle dernier. On peut noter ce contraste en montant de la riche plaine des environs de Riom sur le plateau des puys, au-dessus de Volvic (fig. 16) : plus de blé ni de vigne; du seigle, des prairies, de maigres taillis; des maisons simples où la pièce voûtée du bas sert à la fois de chambre à coucher l'hiver et d'étable pour les bêtes.

Au contraire, dans le Cantal, le paysan pauvre est dans la « Bessaille », le pays d'en-bas, maigres croupes granitiques abandonnées aux bruyères; même le « castaniaïré » n'a que de modestes ressources tirées de la châtaigneraie. « Fichu pays, cette châtaigneraie! », fait dire le poète Vermenouze, dans *Flour de Brousso*, aux fils de la planèze qui, sur un sol basaltique plus riche, récoltent le froment; et aux montagnards du Cantal qui, dans les burons, fabriquent la fourme du lait de leurs vaches égaillées sur les hauteurs herbeuses. Comme le souligne P. Deffontaines, il y a ici, par rapport à l'exemple précédent, une véritable inversion de stratigraphie humaine. Dans les deux cas d'ailleurs, que l'habitat rural aurait besoin de rénovation! Que les méthodes de travail devraient s'inspirer de plus de productivité!

Cette stagnation persistante est entretenue par une continuelle



Fig. 18. — ***Le Cantal vu du puy Mary.***
Dissection en crêtes par les vallées divergentes.
(*Photo* A. BRIQUET, *Géographie universelle*, Armand Colin).

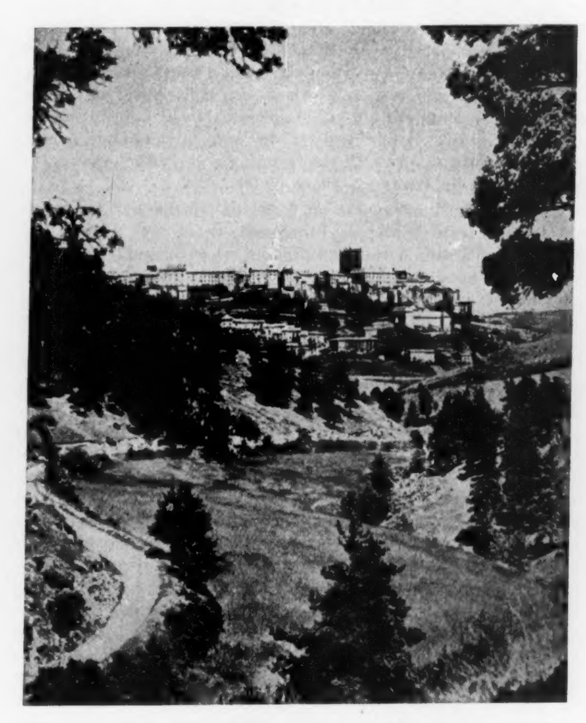


Fig. 19. — ***Saint-Flour dominé par sa cathédrale du XVe siècle.***
(Photo-Éditions Bos, *Aurillac).*



Fig. 20. — ***Le Lioran (Cantal) : la Cère et le puy Griou.***
(Photo Yvon).

émigration. A l'origine, celle-ci n'était que temporaire, et un moyen pour les « Auvergnats » de se procurer un supplément de ressources. Chaque vallée cantalienne, par exemple, s'est spécialisée : Mandailles est devenue le centre des « Parisiens » revenus au pays natal après une jeunesse vagabonde; Mauriac fournit des brocanteurs, Aurillac des marchands de parapluies, Allanche et Condat des colporteurs; Carlat et Pleaux envoyaient des boulangers et épiciers en Espagne; toute l'Auvergne, le Rouergue, le Velay, le Limousin alimentaient vers Paris une forte émigration de marchands de charbon, d'hôteliers, de maçons (aux environs de Gentioux se dresse la statue de Notre-Dame du Bâtiment, patronne des émigrants creusois).

A l'heure actuelle, l'émigration définitive est beaucoup plus importante. D'abord une nécessité sur ce sol ingrat vite surpeuplé, elle est devenue une habitude, fortifiée au spectacle des voisins quittant à leur tour le pays. Quand les partants se contentaient d'aller louer leurs bras en Aquitaine ou en Limagne, ce n'était pas le déracinement d'aujourd'hui; ils restaient dans le cadre régional. Jusqu'en 1870, chaque famille avait assez d'enfants pour en envoyer aux régions voisines. Depuis, la natalité a baissé, et le dépeuplement sévit : la densité du département de la Lozère est la plus faible de France (17 au km²) après les Alpes du sud. Le Cantal et la Creuse (32), l'Aveyron (35) sont en diminution constante. Du Massif Central, région de dispersion, les hommes descendent continuellement dans les plaines environnantes, dans les villes surtout. C'est le grand foyer d'exode rural de la France, phénomène dont l'ampleur apparaît tragique pour certains départements :

	1876	*1951*	*Pertes*
Ardèche	380 000	257 000	123 000
Aveyron	400 000	308 000	92 000
Creuse	275 000	187 000	88 000
Haute-Loire	310 000	226 000	84 000

Sur l'ensemble de 12 départements on assiste à une diminution de 600 000 habitants en 70 ans. Et si l'on tient compte de l'afflux dans les centres industriels de Clermont, Montluçon, Limoges, Saint-Étienne, c'est près d'un million d'âmes qu'il faut retrancher des campagnes du Massif Central, qui apparaît ainsi effectivement comme le pôle répulsif *humain* de la France.

*
* *

Il y a cependant des éléments de rénovation qu'il ne faut pas négliger; c'est par là que nous conclurons cette brève étude.

Le Massif Central ne s'est pas montré imperméable au progrès technique. Il a vu construire la première voie ferrée de France (Lyon à Saint-Étienne, 1831), et c'est entre Clermont-Ferrand et Royat qu'a circulé le premier tramway urbain de France. L'habitude d'un dur travail a donné à ses habitants cette hardiesse féconde que l'on retrouve dans la vitalité des entreprises Michelin, Bergougnan, Dunlop, des usines textiles du Castrais, des manufactures séculaires de Limoges et de Saint-Étienne, des imposants barrages de la Dordogne et de la Truyère.

L'amélioration du rendement dans les mines de houille qui font une ceinture au vieux massif, l'extraction peut-être amplifiée demain de l'uranium limousin, les importantes ressources en houille blanche qui permettront l'électrification des principales voies ferrées quand le monophasé 50 périodes sera définitivement adopté, sont autant de raisons de ne pas désespérer de l'avenir industriel du Massif Central. Certes, sauf en des endroits limités (Thiers, Saint-Étienne, Lyonnais), nulle part l'activité industrielle ne compénètre intimement la vie rurale,

comme elle le fait dans le Jura, par exemple, ou la Forêt-Noire; c'est pourquoi il est difficile d'enrayer la dépopulation de campagnes où le travail purement agricole est rarement productif.

Les améliorations apportées depuis un siècle dans les techniques agraires sont cependant incontestables et le niveau de vie s'est en général considérablement relevé. Le Limousin est devenu, au moins dans les plateaux bocagers, une des plus riches régions d'élevage de toute la France; la Limagne est aujourd'hui un de nos terroirs les plus évolués : elle est passée « de la faucille à la moissonneuse-batteuse, dans un cadre de paysannat, de petites entreprises où il semblait *a priori* que l'insertion du matériel moderne serait particulièrement difficile ». Concluons avec R. Dumont, à qui nous empruntons ces lignes : « Cette communauté paysanne se révèle dynamique ».

Tout le Massif n'a malheureusement pas suivi ces exemples. Plus isolés, ignorants de ce qui se faisait ailleurs, mal informés des problèmes particuliers à chaque terroir, les petits exploitants de la châtaigneraie, des ségalas (« terres à seigle ») ou du Livradois en sont souvent encore au niveau technique des années 1910. Ils manquent aussi des capitaux nécessaires et leur individualisme contribue à les écarter des organisations de crédit agricole, ainsi que des coopératives dont le développement serait ici particulièrement utile.

Il serait vain d'ailleurs de promouvoir tout essai de transformation d'ensemble tant que n'aura pas été résolu le délicat problème du remembrement. Dans les environs du Puy, par exemple, où l'animal de travail est le bœuf, un exploitant perd 2 h par jour, de trajet seulement, pour cultiver une parcelle éloignée de 2 km; mais c'est un bon champ au bord de la rivière, qui en vaut plusieurs sur les pentes rocailleuses. On touche ici à l'aspect le plus complexe du problème agricole français, particulièrement frappant dans ces vieilles régions du Massif Central, où les communications sont pénibles et les distinctions solides entre bonnes et mauvaises terres.

Il faut tenir compte également de la psychologie du paysan auvergnat ou caussenard, habitué depuis toujours à la même vie rude que les ancêtres ont connue, et peu favorable d'emblée à une transformation qui demandera un effort de longue haleine, sans être rentable dans l'immédiat. Mais on aurait tort de surestimer cette résistance; à tout prendre, elle n'est pas plus forte que dans certains coins de l'Ouest, par exemple. Il ne faut pas s'arrêter à la saveur originale que l'archaïsme et la routine confèrent à la vie rurale du Massif Central; rester condamné à un « immobilisme » stérile, à un moment où partout augmente la productivité, serait trahir l'effort patient et séculaire des habitants du vieux plateau.

Il reste enfin un domaine où le Massif Central ne peut mériter le qualificatif d'Élie de Beaumont; il est vrai que le tourisme, auquel nous faisons allusion, n'est entré que récemment dans les mœurs. Aujourd'hui, villes d'eau, stations de montagne ou de sports d'hiver, agréables séjours d'été existent en grand nombre, au milieu de paysages attrayants où abondent les reposantes promenades.

Malheureusement, à part l'Auvergne — disons même la Basse-Auvergne, c'est-à-dire le département du Puy-de-Dôme, plus Vichy —, à part le Puy, les gorges du Tarn, un peu les Cévennes, trop de départements du Massif Central n'attachent pas encore une importance suffisante à l'industrie touristique. Chaudesaigues, mieux desservie, pourrait devenir, grâce à ses eaux bicarbonatées sodiques jaillissant à 82°, le plus grand centre européen de traitement du rhumatisme. Des merveilles comme les gorges de la Dordogne, comme le massif étoilé du Cantal (fig. 18), comme l'Aigoual solitaire (fig. 9) ou le romantique lac d'Issarlès, sont trop mal connues. Une excursion dans les bruyères roses des Monédières, dans les solitudes pastorales de l'Aubrac (fig. 12), dans les « bois noirs » du Livradois ou du Forez laissent au voyageur une impression inoubliable...

Le Massif Central a ainsi un véritable capital touristique qu'il se doit de mettre en valeur. Peut-être alors, mieux connue, mieux aimée des Français, cette vieille terre, aux sources les plus lointaines de notre histoire, cessera-t-elle de mériter le nom de « pôle répulsif de la France » auquel, en tout cas, on aurait tort d'attacher un sens péjoratif qu'Élie de Beaumont n'entendait pas lui donner.

Paul Wagret.

La photo de notre couverture est extraite de l'ouvrage d'E. de Martonne, *Géographie universelle*, tome VI, 1re partie, Armand Colin.

L'éclairage des musées

L'éclairage des objets de collection présentés dans les musées pose de difficiles questions qu'on commence seulement à bien connaître. Sait-on que l'on ose à peine exposer certaines pièces anciennes, par exemple des dessins, des sanguines, des aquarelles, des gravures sur papier, ou des tissus, par crainte de les voir s'effacer ou se détruire à la lumière?

On ne peut compter uniquement sur l'éclairage naturel du jour, du soleil, trop variable selon le temps qu'il fait et l'heure de la journée. On a renoncé depuis longtemps aux éclairages par combustion, à cause des risques d'incendie et des altérations par les produits qu'ils dégagent (gaz acides, fumées, goudrons). On emploie partout l'électricité amenée avec toutes les précautions nécessaires contre le danger d'incendie par court-circuit, transformée sur place en lumière dans des lampes, des ampoules, des tubes clos. On obtient ainsi un éclairage stable, constant, qu'on peut placer au mieux, masquer à la vue et projeter sur les objets pour les mettre en valeur.

Il ne reste à définir que la couleur et l'innocuité. On sait que les sources de lumière ont des couleurs propres dues à leur composition spectrale. L'œil est surtout sensible à la région moyenne du spectre visible, du jaune au vert; il l'est beaucoup moins au bleu et au rouge. Les ampoules à incandescence ont presque toujours une couleur trop jaune, les tubes à gaz fluorescents sont ou trop verts ou trop rouges. On a cherché des combinaisons de lampes ou des sélections de verres filtrants pour obtenir une lumière blanche, une « lumière du jour », ne faussant pas les couleurs.

Il y a aussi à considérer les extrémités du spectre et ses prolongements invisibles dans l'infra-rouge et l'ultra-violet. L'infra-rouge ne se manifeste que par des effets calorifiques, mais l'ultra-violet est doué d'activité chimique intense, surtout dans certaines régions. C'est ainsi que la bande de longueurs d'ondes voisines de 250 mμ émise par la lampe à vapeur de mercure est redoutable pour l'œil et pour beaucoup de matières organiques. Il convient donc de choisir des lampes sans spectre ultra-violet lointain, ou d'en filtrer la lumière à travers des verres choisis. C'est à cette conclusion que vient encore d'aboutir M. J. Genard, dans une étude parue récemment dans la revue de l'Unesco, *Museum*, qui guidera certainement beaucoup de conservateurs cherchant à concilier la sauvegarde et l'exposition des belles œuvres.

A. B.

Numérations non décimales

L'intérêt soulevé de tous côtés par les tâtonnements de cette nouvelle science qu'est la Cybernétique nous oblige parfois à de curieux retours. C'est ainsi que M. Louis Couffignal, père de la machine à calculer I.B.P. (traduisez : *Institut Blaise Pascal*), a étonné les cybernéticiens américains eux-mêmes, qui pensaient avoir une imbattable avance sur nous, en leur faisant la démonstration des multiples avantages qu'amenait le renoncement à notre habituelle numération décimale et l'adoption du système de numération *binaire* : en particulier, une considérable économie de matériel d'où découle, à aptitudes égales, une extraordinaire réduction d'encombrement des machines réalisées.

A certains l'idée de L. Couffignal apparaîtra toute simple. Mais la simplicité est plus souvent un aboutissement qu'un départ. Elle est la fille des multiples essais et des longues réflexions que les attentifs portent sur un problème difficile auquel nos premières conceptions répondent invariablement — notre esprit est ainsi fait — par des solutions inutilement compliquées.

Il n'est pas moins singulier de constater à quel point certaines intelligences sont rebelles à comprendre ce dont il s'agit exactement dans cette mutation de base numérale, passée subitement de 10 à 2, non point tant par exercice de gymnastique cérébrale que pour satisfaire à de précises commodités constructives. Nos habitudes sont si solidement ancrées dans l'emploi de la numération décimale, que nous avons quelque peine à vaincre notre inertie de pensée et à nous réadapter dans l'usage d'une numération inaccoutumée. Nous oublions entièrement que la base 10 est de création relativement récente, eu égard au long passé de l'humanité et que, durant des millénaires, les comptes des individus entre eux ont été établis sur d'autres bases, variables selon les lieux et selon les époques. Le système décimal n'a constitué, somme toute, que le premier grand essai de standardisation et il lui arrive ce qui est fatalement inscrit dans toutes les tentatives du même genre : de multiples résistances s'opposent à leur adoption rapide; elles ne sont point sitôt installées, quasi universellement admises et pratiquées, qu'elles commencent à s'effriter, sous la poussée même d'un progrès nécessaire : tel est bien le cas avec la machine I.B.P.

Mais, de quoi s'agit-il au juste dans la numération binaire ? De n'employer plus que deux sortes de signes dans une notation chiffrée : *zéro* et *un*. On écrira donc :

Base 2	0	1	10	11	100	101
Base 10	0	1	2	3	4	5
Base 2	110	111	1000	1001	etc.	
Base 10	6	7	8	9		

Évidemment, un tel système entraîne avec lui une énorme inflation dans la quantité des caractères ou des signes à mettre en œuvre pour exprimer un nombre donné, l'économie réalisée dans la variété des figures devant trouver sa juste compensation dans la multiplication de celles dont on dispose : les *valeurs de position* prennent dans le système binaire une prépondérance nettement plus marquée que dans le système décimal. Le dispositif de L. Couffignal en tire d'ailleurs un précieux avantage : les circuits électroniques « avalant » en une infime fraction de seconde les impulsions qu'ils reçoivent, celles-ci peuvent se succéder à une cadence vertigineuse et tout l'art réside désormais dans le *rythme* de ces impulsions.

Supposons, en effet, pour prendre un exemple extrêmement simple, que nous demandions à l'appareil d'inscrire le nombre qui, dans la base décimale, est figuré par 9, et qui, dans la base 2, s'écrit sous la représentation 1001. Si le dispositif est organisé en *tout ou rien*, une impulsion transmettra le signe 1, une absence d'impulsion (à condition qu'elle ait exactement la même durée qu'une transmission réelle) remplacera la transmission du signe 0. C'est par là que le rythme devient véritablement le maître d'œuvre de l'affaire : la succession est : *Impulsion-Silence-Silence-Impulsion*. Pour 11 (base 10), qui est 1011 en base 2 elle serait : *Impulsion-Silence-Impulsion-Impulsion*.

Avec juste raison, M. Couffignal fait remarquer que ce mode de notation a plus d'un point commun avec les impulsions nerveuses qui, elles aussi, présentent cette caractéristique, ou de passer, ou de ne point passer...

*
* *

Le passage de l'écriture décimale d'un nombre à son écriture binaire ne présente pas de difficulté. Si l'on désigne par D un nombre écrit dans le premier système, sa translation en système binaire s'effectue selon la formule :

$$D = ma^n + pa^{n-1} + \dots\dots + qa^1 + ra^0$$

où m, p, ... q, r sont des coefficients numériques et a la base de substitution. Par exemple, pour écrire le nombre 31 (notation décimale) dans le système binaire, on posera $a = 2$ et on décomposera le nombre suivant la série :

$$31 = 16 + 8 + 4 + 2 + 1 = 2^4 + 2^3 + 2^2 + 2^1 + 2^0.$$

Le nombre 2 s'écrivant 10 en binaire, on fera la mutation, éventuellement applicable aussi aux coefficients :

$$(31) = 10^4 + 10^3 + 10^2 + 10^1 + 10^0 \text{ ou } 10000 + 1000 + 100 + 10 + 1$$

dont le total est 11111.

Pour la base 8, prenons par exemple les nombres 59 et 228 (notation décimale). Nous trouvons ($a = 8$ dans l'analyse du nombre et $a = 10$ dans sa transcription) :

$$59 = 7a + 3, \text{ ce qui s'écrit } 7 \times 10 + 3, \text{ soit } 73.$$

De même : $228 = 3a^2 + 4a + 4$, ou $300 + 40 + 4$, soit *344*.

Enfin : $512 = 8a^2 = 8 \times 64$ qui se transcrit 10×100, soit *1000*.

*
* *

La complication d'appareillage, à laquelle nous condamnait l'emploi exclusif du système décimal, n'est pas le seul reproche qu'on puisse adresser à ce dernier. Tard venue dans le symbolisme arithmétique par lequel l'humanité s'est efforcée de simplifier ses nécessaires relations comptables, à partir du moment où les échanges commerciaux ont nettement pris le dessus, reléguant au second plan les échanges sentimentaux et originels, la base décimale n'a rien été d'autre qu'un compromis entre les divers systèmes l'ayant précédée. Ils sont assez nombreux : ternaire, quaternaire, quinquénaire, septenaire, octénaire, duodécimal et, même vicésimal [1].

Prétendre, comme cela a été imprimé de divers côtés, que la numération décimale est naturelle, pour la raison que l'homme a été doté de dix doigts aux mains, est un argument d'une bien faible valeur. Les faits parlent de tout autre manière. Tant que l'homme a vécu en prenant uniquement pour guide

1. Nous nous excusons pour les quelques néologismes que, pour exprimer plus rapidement notre pensée, nous avons été contraint, les dictionnaires français étant muets sur cette matière, d'emprunter à la langue latine.

ses impulsions organiques et ses tendances constitutionnelles, c'est-à-dire avant les périodes de grande civilisation qui ont fait de lui un être bien près d'avoir totalement divorcé d'avec la nature, il a eu recours à des systèmes de numération non décimaux. La plus belle, peut-être, de ses créations artificielles a été l'instauration de la base 10 dans ses calculs. Cette unification ne s'est pas accomplie comme sous l'effet d'un coup de baguette magique. La force de l'habitude, laquelle n'est rien d'autre qu'une force d'inertie solidement attachée à nos fibres les plus profondes, vient toujours se placer en travers des réformes semblant les plus aisées à faire accepter, ayant pour elles, avec la logique, le progrès qu'elles font entrevoir.

Les anciens systèmes nous ont donc laissé, durant longtemps, leurs séquelles, dont quelques-unes d'entre elles, plus tenaces, durent encore : en Astronomie, en Horlogerie, dans la Marine, les degrés (base duodécimale) résistent toujours aux grades (base décimale), la facilité étant beaucoup plus grande de diviser une circonférence en douze segments qu'en dix. Cent ans se sont écoulés avant que le peuple ait complètement abandonné ses comptes en sous et en liards (quarts de sous, système octénaire); aujourd'hui, plus que jamais, on coupe le kilogramme en deux moitiés (livre, système octénaire), la livre en deux moitiés, et chacune de ces moitiés en deux nouvelles moitiés, qui sont des « quarts » : entorse au système décimal, comme le fut aussi cette création, par l'État lui-même, d'une pièce de 25 centimes [1].

L'avantage du système duodécimal, auquel les pays anglo-saxons sont demeurés si fort attachés, est que les divisions y sont plus faciles. Le nombre 12 est égal à 2 × 2 × 3; il est donc divisible, sans reste encombrant, par 2, par 3, par 4 et par 6. Au regard de cela, le nombre 10 n'est divisible que par 2 et par 5; il marque donc un désavantage qui se manifeste nettement dans certains cas. Les règles et les formes de calcul en numération décimale sont volontiers un « casse-tête » pour les jeunes cerveaux des écoliers et opposent un sérieux frein à ceux qui, plus mûris, désirent se lancer dans des calculs mentaux.

Or, il existe une numération qui, sous le rapport pratique, semble bien posséder de forts sérieux avantages et qui, peut-être, ne laissera pas indifférents les cybernéticiens : c'est la numération par 8. Encore que de très nombreux documents paraissent indiquer la quasi universalité de son emploi, il y a trois ou quatre mille ans, chez les peuples possédant déjà un excellent degré de civilisation, nous n'avons pu trouver que deux auteurs pour s'être intéressés à elle. Il est notoire que l'un et l'autre ont parlé dans le vide.

Le 11 mai 1840, un mémoire était présenté à l'Académie des Sciences par un certain Aimé Mariage, concernant un nouveau mode de calcul « réduisant à 8 le nombre des chiffres, et possédant sur le calcul par 10 l'avantage d'une multiplication et d'une division plus faciles ».

En 1901, sous la signature Geo H. Copper, a été publiée à New Westminster, B. C. (Canada) une brochure portant ce titre : *The Octimal System, Notation and Numeration.* La lecture de ce booklet montre, de toute évidence, que M. G. H. Copper ignorait totalement le travail de M. A. Mariage. Si le créateur de l'Octimal System visait, comme son prédécesseur, à faciliter grandement l'instruction des masses, il poursuivait un but d'ordre plus élevé : celui de concilier, sur le plan industriel, les constructeurs français, travaillant sous le couvert de la base décimale, et les constructeurs anglo-saxons, alors unanimement hostiles à l'adoption du système métrique pour leurs fabrications. A. Mariage, à la suite de son mémoire, a consacré quinze ans de sa vie à une étude approfondie des anciens textes chinois, égyptiens, hébreux, etc., avec le but d'établir que la numération par 8 était celle de tous ces peuples (*Numération par 8, anciennement en usage par toute la terre, prouvée par les Koua des Chinois, par les livres d'Hésiode, d'Homère, d'Hérodote*, etc. In.8°, Paris, 1857).

Nous ne le suivrons pas sur cet aride terrain.

Ramenons-nous à l'essentiel : l'arithmétique décimale est en conflit permanent avec nos tendances naturelles, elle s'accorde mal avec notre complexion et n'est entrée dans nos usages journaliers qu'après avoir composé avec l'arithmétique octonaire. A. Mariage dit fort justement : *il ne fallait pas faire la division pour les nombres, il fallait faire les nombres pour la division*, et les divisions naturelles sont 1/2, 1/4, 1/8, comme les multiplications naturelles sont de doubler, soit 2, 4, 8.

Dans la base 8, on supprime les signes 8 et 9. On écrit donc :

Base 8	0	1	2	3	4	5	6	7	10
Base 10 ...	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Base 8	11	12	20	50	100	1000	1000000		
Base 10 ...	9	10	16	40	64	512	$(512)^2$		

La table de multiplication ne comprend plus que 64 cases au lieu de 100, ce qui est certainement du temps gagné pour maîtres et élèves. L'économie du système est manifeste dans la division. Par exemple, pour prendre le quart d'un nombre, on le double, puis on déplace la virgule d'un rang vers la gauche; pour prendre le huitième, on se contente de déplacer la virgule d'un rang vers la gauche (opération semblable à celle de la réduction à 1/10 dans le système décimal); pour prendre respectivement 1/16, 1/32, 1/64, on retombe dans le même rythme opératoire de diviser par 2, de doubler ou de conserver le même nombre, avec les déplacements de virgules nécessaires. Toute complication est donc supprimée... En apparence, tout au moins.

Si nous faisons une telle restriction, ce n'est pas sur le plan théorique, mais sur le plan pratique. Il faut en tenter l'essai, pour constater combien nos habitudes d'esprit sont acoquinées au calcul décimal et avec quelles hésitations on transfère ses opérations d'un système dans l'autre. A la vérité, la base octénaire (« octavale », selon Mariage; « octimale », selon G. H. Copper) n'est aisément accessible qu'à des cerveaux neufs, qu'à des enfants n'ayant encore rien appris, donc non encore engagés dans les disciplines de l'instruction courante. Il est séduisant, aux yeux des deux personnes déjà nommées, qui ont pris tout le temps de mâcher et remâcher leur proposition, de nous présenter un bagage plus léger à porter; le malheur est qu'il nous faut d'abord lâcher ceux dont nous sommes encombrés, et nous ne le pouvons guère parce qu'ils sont ficelés à nous.

Il est arrivé ce qui devait arriver : le voile épais de l'oubli s'est étendu sur les propositions d'emploi de la numération par 8, bien que le corps des professeurs du Columbian College l'ait tenue pour « la notation de l'avenir ». Mais il n'est pas dit que cette numération ne trouvera pas, un jour ou l'autre, son application majeure : n'en a-t-il pas été ainsi pour les *carrés magiques* qui, de simple amusette arithmétique qu'ils étaient au début, ont fini par trouver leur emploi dans le tissage ?

C. Laville.

1. L'ancienne *aune*, quadruple du *pied* romain, était divisée en *8 octaves*.

Plâtres orthopédiques en matières plastiques

Les Services américains d'information annoncent que l'American Cyanamid Cy a réalisé une poudre pour la confection de « plâtres » orthopédiques en matières plastiques. Ils ont la propriété intéressante d'être à la fois plus solides et plus légers que les plâtres utilisés jusqu'ici. Cette compagnie précise que les appareils ainsi obtenus sont aussi rigides que les autres tout en ne pesant qu'un tiers de leur poids. Ces plâtres prennent en quelques heures. Extrêmement poreux, ils facilitent l'évaporation et la pénétration des rayons X pour examen ou traitement.

Le courant lumière à 120 volts

La distribution de l'électricité se fait généralement en triphasé, sous deux tensions différentes : le courant « lumière » à 110 V et le courant « force » à 220. Le courant « lumière » est branché entre une des phases et le « neutre »; le courant « force » entre deux phases. Si le courant force est à 220 V, le courant lumière a une tension qui se trouve liée par le nombre $\sqrt{3}=1{,}73$; son voltage est forcément 220 : $\sqrt{3}=127$ V.

Actuellement, la quasi-totalité des réseaux de distribution installés en France sont en triphasé, à 220 et 127 V. Cependant certaines distributions rurales sont à 380 et 220 V (380 : $\sqrt{3}$ = 220). Mais ces réseaux sont d'âges très différents. Paris qui fut une des premières villes électrifiées le fut en courant diphasé si bien que le rapport des voltages « lumière » et « force » y est non pas $\sqrt{3}$, mais 2; les deux courants furent donc établis à 220 et 110 V.

L'écart entre le courant lumière parisien et le provincial est ainsi de 17 V. Il est vrai qu'une convention vieille de 30 ans avait déjà survolté le courant parisien à 115 V, mais on n'avait osé monter plus haut jusqu'à 127 V, puisque le courant force aurait eu alors 254 V, soit 34 de plus que les réseaux « force » de province.

A vrai dire, pendant longtemps, les voltages furent assez peu stabilisés et on observait fréquemment des chutes de tension en ligne entre divers points d'un même réseau et en diverses circonstances.

Toutefois, de grands écarts de voltages ne sont pas sans inconvénients. Les fabricants de matériel électrique pour usages domestiques sont obligés de créer des modèles différents, ce qui ne va pas sans augmentation des prix de revient et sans nécessité de stocks plus variés, donc plus nombreux. S'ils prévoient une grande marge de sécurité, ils aboutissent à des appareils fonctionnant trop souvent en sous-tension, avec un mauvais rendement, notamment pour l'éclairage. Aussi s'est-on efforcé de réduire les écarts de tension, de stabiliser les réseaux, mais sans pouvoir supprimer l'anomalie de la ville de Paris et de quelques autres. Entre temps, on a cherché à unifier toutes les installations et les appareils, nationalement et internationalement. En France, les tensions ont été normalisées par un décret de février 1950. Et finalement, l'Électricité de France vient de décider d'élever à Paris le voltage lumière de 115 à 120 V, sans aller jusqu'à 127 V pour ne pas augmenter trop par ce fait la tension force. La Société vient d'en informer tous les Parisiens par circulaire.

Certains usagers ont manifesté quelque inquiétude de ce changement et se sont demandé ce qui allait advenir de leurs appareils en service. Nous croyons pouvoir les tranquilliser. Tout d'abord, les mêmes appareils pourront fonctionner aussi correctement à Paris qu'en province, sans perte de rendement : c'est pour les fabricants un grand souci de moins et une simplification. Dans la très grande majorité des cas, l'élévation du voltage passera inaperçue. Tout au plus, la vie des lampes marquées 115 V, alimentées à 120, sera-t-elle un peu écourtée; mais pendant ce temps, elles éclaireront plus et avec un meilleur rendement. Il sera sage d'acheter dorénavant des lampes de 120 V.

Pour les postes de radio, il sera aisé de vérifier la position du « cavalier » qui permet — pas toujours, mais assez souvent — de régler la tension d'alimentation : la marge est généralement assez grande, on trouve par exemple les positions 100 et 130 ou 110 et 140. Il conviendra de modifier s'il y a lieu la position du cavalier et de le placer sur celle la plus rapprochée de 120 V.

Pour les plaques de cuisson, chauffe-eau, le chauffage sera légèrement plus rapide. Il n'y a pas, comme on l'a dit parfois par erreur, dépense supplémentaire, car la durée de cuisson ou de chauffage sera écourtée dans la même proportion. Les autres appareils : aspirateurs, machines à laver, frigidaires, s'accommoderont sans inconvénient des quelques volts supplémentaires qui leur seront fournis. Ce n'est que pour des appareils techniques spéciaux, exigeant une grande précision de la tension, qu'il faudra prévoir des réglages plus minutieux. Ces appareils sont généralement déjà munis de dispositifs appropriés qu'il suffira d'ajuster.

En conclusion, c'est, croyons-nous, une mesure heureuse que cet ajustement de la tension « lumière » parisienne au voisinage de celle de la province; elle est susceptible d'améliorer le rendement des appareils aussi bien que d'en généraliser l'emploi et d'en diminuer le coût.

L'énergie électrique en Algérie

L'Afrique du Nord est pauvre en ressources énergétiques ; elle a très peu de gisements de combustibles : houille et pétrole, et peu de ressources hydro-électriques puisqu'elle n'est traversée par aucun grand fleuve. Pour assurer ses communications et ses transports terrestres, pour développer ses activités industrielles, il lui faut donc importer des sources d'énergie, et de ce fait son économie est basée sur ses ports et ses possibilités d'exporter des produits ou des devises ; seul son littoral en profite, et encore faut-il que les échanges y soient intenses, la navigation commerciale libre et les frets abondants. On a bien vu encore pendant la dernière guerre les difficultés de cette situation.

Depuis la libération, un gros effort a été entrepris pour augmenter les ressources, notamment en utilisant les forces hydroélectriques au moyen de barrages construits en travers des vallées, qui, après une mise de fonds importante pour la construction, fournissent de l'énergie sans grands frais et créent des réserves d'eau pour l'irrigation.

Le Maroc, qui reçoit le plus de pluies, qui a les plus hautes montagnes et les cours d'eau aux débits les plus réguliers, s'en trouve rapidement transformé. *La Nature* exposera bientôt ce qu'on y fait et ce qu'on y projette. L'Algérie, moins bien pourvue en eau, a été obligée de prévoir un programme plus complexe, actuellement en cours de réalisation.

L'*Encyclopédie mensuelle d'outre-mer* donne à ce sujet quelques renseignements statistiques qu'on peut utilement répéter. En 1938, la production d'énergie électrique, hydraulique et thermique, y était de 277 500 000 kWh ; en 1945, elle atteignait 330 000 000 ; en 1951, elle fut de 667 000 000 ; en 1952, elle dépasse 730 000 000. L'augmentation depuis la guerre est donc de 163 pour 100. Les besoins d'énergie ont crû plus vite encore et le plan d'équipement actuel pour les années 1953-1955 prévoit un nouvel effort, moyennant un investissement annuel de l'ordre de 13 milliards.

Les usines hydrauliques sont les plus coûteuses à installer, mais les plus économiques à exploiter, surtout quand on leur demande seulement l'appoint à bon marché de kilowatts en période pluvieuse.

Les usines thermiques restent malheureusement les usines de base qui demandent constamment du charbon en très grande partie importé.

Depuis 1946, on a investi plus de 60 milliards de francs dans les barrages hydroélectriques et on pense qu'en 1954, quand les usines de Kerrata-Oued Agrioun entreront en service, on obtiendra de l'eau 325 000 000 kWh annuels. Les ressources hydrauliques seront alors bien près d'être utilisées totalement, à la limite, et il faudra malheureusement compter uniquement sur les combustibles minéraux pour l'avenir.

LES GENRES DE VIE DE L'HOMME PRÉHISTORIQUE

I. LE PALÉOLITHIQUE

Notre plus lointaine humanité, associée aux grands mammifères disparus, à l'*Elephas antiquus*, au *Rhinoceros etruscus*, à l'*Hippopotamus major* qui hantent alors les premières terrasses de la Somme, connaît une fort longue évolution, scandée par les phénomènes géologiques qui en constituent le cadre. Plus que le sol-support, le climat est le grand ordonnateur et le grand régulateur de l'évolution humaine, avec ses qualités diverses et ses nuances infinies. Ce sont les climats, plus impératifs que les sols, qui suggèrent ou imposent les genres de vie, les activités fondamentales, les modes d'occupation. Ce sont les climats successifs, que connut l'humanité, qui découpent cette évolution, constituant la trame chronologique, trame relative aujourd'hui, absolue demain sans doute.

∴

Les géologues du Quaternaire discutent du nombre de ces phases glaciaires et interglaciaires. Les causes en sont encore mystérieuses : ouverture de l'Atlantique Nord, variations de l'insolation solaire, crise climatique succédant à une crise orogénique puissante ? Les dernières glaciations, entrecoupées d'interstades, la würmienne, la rissienne, sont admises aisément. La mindélienne, d'autres encore, sont parfois discutées. Mais la dernière, la glaciation de Würm, s'impose avec une force telle, joue un si grand rôle dans cette évolution de l'humanité, qu'elle scinde en quelque sorte cette évolution. Avant la glaciation würmienne, l'homme est le collecteur des vastes espaces. Au Würm, la vie « se resserre », les activités se diversifient. Le retrait progressif des glaces connaît l'apogée occidentale d'un monde de grands chasseurs, avec une haute civilisation, une pensée profonde, un art véritable. Les dernières glaces fondues, le glacier scandinave coupé en deux lobes résiduels, repère chronologique précieux (bipartition glaciaire), un nouveau monde se lève...

Le Paléolithique ancien. — Le climat pré-würmien comprend de nombreuses pulsations climatiques, mais la dominante est son caractère « tempéré chaud » indéniable en nos régions occidentales. Certes, il ne s'agit point de transplanter les flores et les faunes tropicales en nos régions. Si l'éléphant méridional trouvé à la Porte du Bois (Abbeville), à plus de 40 m sur le lit enfoui de la Somme, l'éléphant antique avec ses défenses de 5 m de long, à peine recourbées, le rhinocéros étrusque, le tigre *Machairodus* donnent une note exotique au milieu de chevaux, de bovidés et de cervidés plus ubiquistes, la flore stable, et par là même précieuse, suggère un « climat comparable à celui de la Provence; à tout le moins peut-être de l'Algérie » (J. Tricard). Une muscinée propre aux eaux calcaires (*Cratoneurum commutatum* Hedw.) se retrouve dans les tufs de La Celle-sous-Moret, avec des « bifaces » acheuléens... La même muscinée se fossilise actuellement dans le torrent du Verdus, à Saint-Guilhem-le-Désert, dans l'Hérault (P. Doignon). Prise en écharpe par les influences atlantiques ou méditerranéennes, au Pléistocène comme aujourd'hui, la France connut des nuances climatiques diverses. Du Ponthieu à Menton, nos hivers actuels accusent 7° de différence. La flore méditerranéenne en baie de Somme, tel fut notre Pré-Würm. Les Préhominiens y connaissent sans doute le feu. Un outillage de bois, épieu, pointe, bâton (épieu de Clacton-on-Sea, bois fendu de Spichern) et d'os (épieu de Saint-Mard, Aisne) constituent les premiers prolongements de la main, des doigts et des ongles, « âges » primitifs entre tous qui précédèrent, puis accompagnèrent les premiers outils de l' « âge de la pierre ancienne ».

Et déjà éclate une étonnante diversité de matériaux et d'outils. Calcaires de la grotte de l'Observatoire (Monaco), vieux quartzites garonnais, silex des terrasses de la Somme sont les matériaux divers utilisés. Certaines formes s'imposent avec une constance remarquable. Faut-il parler de polygenèse ou de monogenèse de ces formes d'outillage primitif ? Le « biface », taillé sur ses deux faces, plus ou moins ovoïde, plus ou moins lancéolé, aux formes de suite nuancées, adaptées vraisemblablement à des usages que nous ignorerons toujours, s'impose comme l' « outil universel » par excellence (fig. 1). Disons bien « outil » et non pas arme. Dégrossi sur enclume, taillé au percuteur de pierre à l'Abbevillien, retaillé au percuteur de bois à l'Acheuléen, le biface atteint à l'Acheuléen moyen et supérieur une efficience de forme, un aérodynamisme véritable qui sont une forme d' « art technique ». Mais l'utilisation de ces rognons de silex n'est point exclusive. Des éclats frustes ou retouchés, informes ou adaptés à des usages voulus, accompagnent le matériel de ces premières civilisations; trop souvent, dans les vitrines de nos musées, figurent des bifaces séparés de leur « contexte archéologique ».

Des techniques nouvelles de la taille, adaptées à la fabrication d'éclats, caractérisent les civilisations clactonienne (large plan de frappe lisse oblique), tayacienne, levalloisienne (plan de frappe à facettes des « éclats Levallois »). Mais une technique nouvelle est rarement abandonnée. Elle reste toujours, latente, dans l'acquit de l'humanité, et ces techniques subsisteront désormais, non sans éclipses, jusqu'à l'extrême fin de l'âge de la pierre.

Les centaines de milliers de pièces recueillies ne doivent point nous faire illusion sur la valeur numérique de cette humanité primitive. Ces vestiges pré-würmiens se répartissent sur des centaines de millénaires et la lenteur géologique de cette évolution artisanale est frappante. C'est sa situation, dans les hauts niveaux de Saint-Acheul, qui éloigne ce biface de cet autre, son cousin germain typologique, recueilli dans le lœss ancien des moyennes terrasses de Montières. Ils appartiennent tous deux au même stade géologique de l'humanité, mais aux extrêmes de la grande période pré-würmienne. Dans la carrière Bouchon, à Ivry, deux outils identiques d'aspect, recueillis dans le « fendillé » en place (lehm du lœss ancien) et dans le « fendillé » remanié sont séparés par un laps de temps considérable; du début maximum de la glaciation rissienne à la période la plus froide du Riss-Würm (Fr. Bordes).

Dispersées sur des centaines de millénaires, les traces archéologiques suggèrent une densité infime d'occupation humaine. Quelques centaines d'êtres, peut-être, pour l'ensemble de notre territoire. Mais, par contre, quelle vaste dispersion de par le monde ! Hormis le nouveau continent, toutes les terres participent à l'Œkoumène pré-würmien. Des Indes à l'Occident, du bassin de Londres à l'Afrique australe, par le Sahara, les hauts plateaux africains, se disséminent les « bifaces » de l'Abbevillien et de l'Acheuléen. L'aire de formation de l'humanité est difficile à définir car, dès ses origines, l'espèce humaine s'avère prodigieusement diffuse. La logique géographique

demande sans doute d'écarter les « extrêmes continentaux », les « fins de terre »... La grande charnière « afrasienne », vaste croissant s'étendant des hauts plateaux africains à l'Inde, serait un berceau possible. Les découvertes paléontologiques, encore dispersées et clairsemées, ne le contredisent point.

Les genres de vie ne furent point uniformes en une si vaste répartition, chronologique et spatiale. En notre occident atlantique de nuance tempérée chaude, les terrasses des cours d'eau sont fréquentées, mais les habitats réels, de quelque stabilité, sont rares (Banc de l'Hôpital, Abbeville). Certaines vallées amphibies sont dédaignées : Rhin, Loire. Les plateaux sont les grands terrains de parcours, mais les vallées tentatrices sont toujours des lignes de repère privilégiées. De rares abris naturels (Téting, Burbach), des grottes (l'Observatoire) sont parfois occupés, mais l'impression générale que nous retirons de ces faits est celle d'habitats très temporaires; celle aussi d'habitats fort rudimentaires, abris légers installés à l'abri des vents d'ouest, sur les terrasses de la Somme.

Ces analyses inclinent à envisager un genre de vie nomade, adonné à la collecte des vivres : recherche des fruits, avant la connaissance du feu; puis, avec le feu, extension du domaine végétal dans l'alimentation. « La plante, manufacture vivante d'aliments » (Vidal de La Blanche) assure les débuts lents et obscurs de l'humanité. Mais ce genre de vie collecteur est plein d'aléas. Les plantes s'épuisent, les saisons sont parfois défavorables. L'économie pillarde se poursuit par le ramassage généralisé. Des espèces animales faibles, malades, blessées sont recueillies. Et insensiblement, l'homme passe de cette « chasse passive » à une « chasse active », avec ses épieux de bois ou d'os. Les genres de vie du pré-würmien sont déjà variés, évocateurs d'une pré-humanité besogneuse, singulièrement complexe dès son origine.



Fig. 1. — *Biface de Templeux-le-Guérard (Somme).*
« Outil universel » du Paléolithique.
(*Photo* M. Ophoven et J. Hamal-Nandrin).

Le Paléolithique moyen. — Des épisodes de « climat froid » découpent cette longue évolution, mais la dernière glaciation, la würmienne, détachant le glacier du Rhône sur Fourvières, marque une étape nouvelle. A vrai dire, il s'agit d'une très lente évolution qui s'amorçait antérieurement. Les hommes de la technique « levalloisienne » poursuivent longuement leurs habitudes de préparer leurs nuclei. Les civilisations de la pointe et du râcloir, dites « moustériennes », se rencontrent déjà avec la faune « chaude » (Weimar) et occupent les plateaux avant de se réfugier dans les grottes, devant les rigueurs climatiques nouvelles. Les Préhominiens cèdent la place à l'Homme de Néandertal, avec son « corps vigoureux et lourd, la tête osseuse, les mâchoires robustes où s'affirme la prédominance des fonctions purement végétatives ou bestiales sur les fonctions cérébrales » (M. Boule), que déjà s'annonce aussi l'*Homo sapiens*, avec le crâne de Fontéchevade, recueilli dans « un milieu archéologique tayacien » antérieur (G. Henri-Martin), et le crâne de Tilloux (Charente), récemment découvert par G. Malvesin-Fabre.

Cette ultime période glaciaire, il est fort délicat d'en préciser l'amplitude climatique. Les géologues parlent de températures descendant l'hiver à — 30° avec des gels persistants de 7 ou 8 mois, des sols perpétuellement gelés, alors que les paléobotanistes montrent une descente de la limite des neiges éternelles de 700 m seulement dans le domaine méditerranéen (Braun-Blanquet, Gaussen), de 1 000 m dans nos Alpes occidentales, de 2 000 m au maximum, soit quelques degrés de moins seulement, par rapport à nos températures actuelles. Certes, la faune est « dominante froide », avec le renne, le mammouth, le rhinocéros tichorhinus, mais la flore, toujours élément plus stable, reste tempérée (Petershöhle, Soignies, Resson). Beaucoup plus que le froid, car « le froid tue le glacier » (Guillien), l'époque würmienne se caractérise par une abondance des précipitations, « exaspération de la circulation marine et atmosphérique » (*id.*).

Ce climat plus rigoureux détermine un changement de forme de l'habitat. La recherche de l'abri devient le facteur majeur, qu'il s'agisse de grottes plus ou moins profondes (Le Moustier, Spy), de modestes abris (abris Brouillaud et Sandougne à Tabaterie, petits abris de la Quina), ou même le sol libre, mais avec des huttes de branchages ou de peaux. Le refroidissement, l'augmentation des précipitations, les inondations raréfient les habitats de terrasses (Montières) et opèrent une concentration humaine. Les traces perdues sont toujours innombrables, l'Œkoumène immense, mais les véritables habitats mieux localisés dans les régions riches en abris naturels : bordures jurassique et crétacée du Massif Central (La Chapelle-aux-Saints en Sourdoire, Le Moustier en Vézère, La Quina en Charente, Bouichéta en Ariège). L'excentrique massif armoricain, le plateau central sont toujours délaissés. La vie est précaire et dure : collecte rare désormais avec les rigueurs climatiques, chasse encore aléatoire. A l'outillage où l'éclat domine, retouché en pointes, râcloirs, hachoirs, s'associent fréquemment des outils d'os, encore « passifs », retouchoirs, billots. Les bifaces plus fins, souvent taillés sur une seule face, l'autre constituée par la surface d'éclatement, subsistent, disparaissent et réapparaissent, selon les horizons (couche G du Moustier, par exemple). Les insuffisances des techniques ne permettent guère la chasse au gibier à plume ou la pêche.

Cette existence difficile, menée au contact de l'ours des

cavernes, « le plus würmien des animaux du Quaternaire » (E.-F. Koby), est pourtant traversée, baignée par un véritable et intéressant psychisme. Si le culte des crânes n'emporte pas toujours l'adhésion pour le paléolithique ancien (n'est-ce point la loi de « conservation des crânes » ?), nous connaissons des inhumations volontaires avec l'Homme de Néanderthal. A La Chapelle-aux-Saints, en Corrèze, dans une fosse rectangulaire creusée dans le sol marneux de la grotte (1 × 1,45 × 0,30 m), gisait un Néanderthal, couché sur le dos, la tête vers l'ouest, appuyé contre le rebord de la fosse et calé par quelques pierres, les jambes repliées et renversées à droite. Des instruments de silex, une patte de bovidé accompagnent parfois ces sépultures aux corps comme attachés. Des dalles, des pierres ornées de cupules jouent un rôle indéniable de protection : protection de la tombe contre les animaux, ou protection des vivants contre le « retour du défunt » ? Le fait que l'homme ait été « intentionnellement enseveli » (Bardon, A. et J. Bouyssonie) est riche déjà de résonnances psychiques profondes.

Le Paléolithique récent (leptolithique). — Le recul des glaciers würmiens (Paléolithique supérieur ou Leptolithique des archéologues, Pléistocène supérieur ou rétro-Würm des géologues) est une phase courte, mais d'une extrême importance. La décrue glaciaire la commande, le climat conserve sa « dominante froide », mais avec des nuances, des avancées, des reculs. Le climat est plus sec, plus « steppique » par exemple, vers la fin de la glaciation. Les grandes espèces animales du Pléistocène moyen würmien, mammouth, rhinocéros tichorhinus sont encore là, mais le renne est l'espèce « classique » la plus caractéristique. Le renne s'accompagne d'une faune de toundras, bœuf musqué, glouton, renard bleu, lemming, hibou des neiges. La faune plus tardive de steppe froide est marquée par l'antilope saïga, le spermophile, la gerboise. Les espèces montagnardes descendent vers les plaines : chamois, bouquetin, marmotte. Mais les grands ruminants seront toujours abondants, dominants : le bison et le renne. C'est l'extinction de celui-ci en nos climats, son remplacement par le cerf, qui annoncent les « temps nouveaux ». Cette faune riche offre des proies nombreuses au chasseur leptolithique, dont les débris de cuisine garnissent d'épais dépôts archéologiques de nos grottes.

Pas de coupure anthropologique (l'*Homo sapiens* caractéristique du rétro-Würm peut remonter à un Paléolithique plus lointain), pas de coupure paléontologique avec la survivance d'espèces würmiennes, pas de coupure archéologique absolue, et pourtant, ce genre de vie leptolithique offre une grande originalité, la vie des « grands chasseurs ». Certains horizons para-moustériens annoncent déjà des lames frustes, des couteaux à dos abattu (Fontmore, niveau typique de l'abri Audi), puis la lame s'impose, longue, étroite, fine, légère. Elle règne avec ses multiples composés : les couteaux et pointes à dos (style Châtelperron et La Gravette), ses grattoirs sur bout de lame, ses burins si divers et si astucieux de techniques, ses gros rabots, ses grattoirs épais dits « carénés », ses grattoirs à museau, dits « Tarté » (Haute-Garonne). Cette variété artisanale du travail du silex s'accompagne d'un travail systématique et non moins divers de l'os : sagaies à base fendue d'Aurignac, floraison des harpons, des sagaies, des baguettes demi-

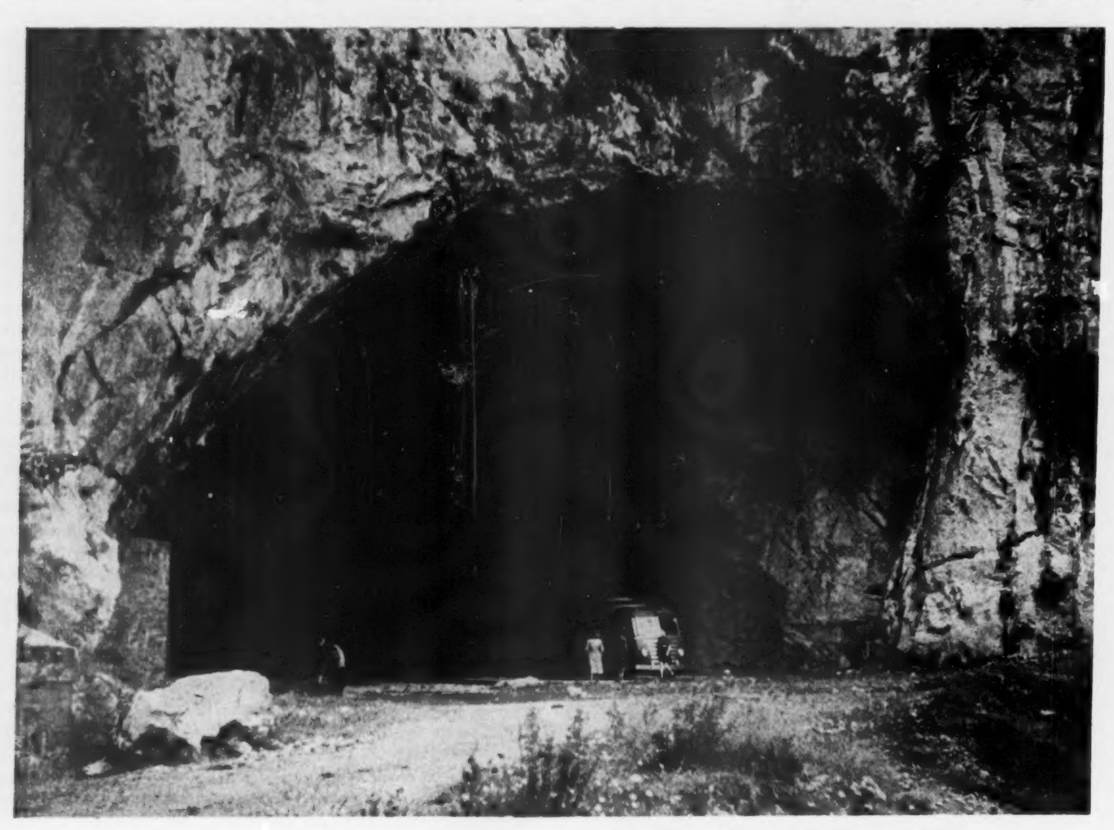


Fig. 2. — ***Porche de la grotte de Bédeilhac (Ariège).***
Occupation magdalénienne et « Néolithique pyrénéen » (*Photo* Yan).



Fig. 3. — *Entrée de la grotte de Châtelperron (Allier).*
Une thèse est en préparation sur l'industrie de Chatelperron.
(*Photo* Delporte).

rondes, notamment dans les couches archéologiques pyrénéennes terminales (Isturitz, La Vache).

Stratigraphes et typologistes peuvent assez raisonnablement s'en donner à cœur joie pour multiplier les « civilisations ». Des phylums évolutifs archéologiques se dégagent de cet important matériel : un phyllum marqué par les horizons castelperronien et gravettien (groupés ensemble sous le vocable régional de Périgordien), un phylum typiquement aurignacien, puis plus tardif, une remarquable évolution magdalénienne. Quelque peu « intrusive », parmi ces civilisations enracinées en notre sol, le Solutréen, aux gisements plus rares, apporte son apogée de la taille du silex, feuille de laurier, feuille de saule, pointe à cran, flèche pédonculée et barbelée (Parpallo et rares gisements de Dordogne). Cet épisode de grands chasseurs de chevaux, par ailleurs grands artistes et merveilleux statuaires, se place à la fin de l'Aurignacien (Roc de Sers, Cap Blanc). Mais ces diversités archéologiques ne peuvent arriver à dissimuler une profonde identité du genre de vie.

Sans doute est-ce le genre de vie qui marque le mieux l'individualité et l'originalité de ces deux dernières dizaines de millénaires. En effet, des sagaies attribuées à l'Aurignacien final ou au Magdalénien inférieur de Lascaux remonteraient à 13 500 ans avant notre ère, selon les récentes analyses du Carbone 14. Le Magdalénien final se terminerait à l'époque d'Alleröd, vers 8 800 avant notre ère.

Le facteur « refuge » est la grande loi régissant l'habitat. De plus en plus nombreuses sont les grottes habitées, certaines depuis le « Moustérien froid » (La Ferrassie). La répartition des habitats est souvent la répartition des régions cavernicoles. Cartes humaines du Leptolithique et cartes des auréoles jurassique et crétacée coïncident. Les escarpements calcaires de la Charente, les rebords continus de surplombs de la Vézère et de ses affluents, les grottes de la région pré-pyrénéenne marquent les trois grandes zones de peuplement. Une relative concentration d'occupation en résulte, mais il ne faut point oublier que certains gisements accusent une occupation de longue durée (Laugerie-Haute, du Périgordien III au Magdalénien, par l'Aurignacien final et le Solutréen), alors que d'autres ne correspondent qu'à une occupation limitée, voire saisonnière. Ces dépôts archéologiques ont une valeur de temps variable, et surtout fort relative.

Ces gisements affectent des surplombs rocheux imposants, comme à Laugerie, des porches monumentaux aux abris profonds et multiples comme l'arche géante de Bédeilhac (Ariège), creusée dans le chicot calcaire du Sédour (fig. 2). Quelquefois aussi, ce sont des « trous » de rochers, capables de réunir à peine quelque tribu d'une dizaine d'êtres, comme les trois grottes de Châtelperron (Allier) (fig. 3). Également grotte éponyme, la grotte d'Aurignac (fig. 4) aux modestes dimensions, domine de quelques mètres un ruisseau tout bruissant d'eau vive. Le milieu actuel ne suggère pas de profondes modifications naturelles pour ces hommes d'Aurignac. Ces grottes sont des lieux relativement sédentaires d'habitat, des relais temporaires pour le moins. A la saison des chasses, entraînés à la poursuite des hardes de rennes, les hommes s'abritent en des tentes à doubles parois : une première tente ovale de 3,50 m de long, coiffée par une seconde plus grande (Borneck). Les cabanes de rondins, longues et enfoncées en terre leur sont connues (Timonovka). Les gisements de plaine restent exceptionnels, et même de modestes rochers suffisent à l'implantation d'un centre de chasseurs (Beauregard, près Nemours).

Quelques milliers d'hommes peuvent alors occuper notre Occident leptolithique, d'Isturitz à Spy. Leur genre de vie est axé sur une collecte active de chasse et de pêche. Les grands mammifères chassés sont nombreux et divers, selon les phases climatiques. Renne, cheval, bison constituent la trinité chasseresse toujours présente. La chasse est directe avec les armatures de silex (les pointes gravettiennes sont de véritables traits), avec les flèches en os, les gros harpons à grandes barbelures. Mais elle sait aussi s'adjoindre de véritables astuces : des fosses, des pièges : entonnoirs à épieu central, pièges à contrepoids analogues à ceux des Amérindiens Pieds-Noirs et figurés tous deux sur les parois de Font-de-Gaume. La chasse collec-



Fig. 4. — *Grotte d'Aurignac (Haute-Garonne), station éponyme de l'Aurignacien.*
(*Photo* Romain Robert).





Fig. 5 et 6. — *Caverne de Niaux (Ariège)* ; *à gauche* : **chevaux** ; *à droite* : **bison envoûté.**
(Photos Yan, Bulletin de la Société préhistorique de l'Ariège).

tive, la grande chasse raisonnée date de ces périodes froides. La pêche offre un appréciable complément de ressources, et saumon, truite et brochet sont connus. Le saumon est recherché, ses vertèbres utilisées en grains de colliers originaux et pratiques.

Art et magie. — Cette faune riche est vitale pour l'homme. Elle est, ne l'oublions pas, une proie fugitive, insaisissable parfois, soumise aux rythmes des saisons et des amours, capable de migrations lointaines ou d'exodes définitifs. Le départ des rennes, des bisons, suscitent des angoisses atroces et des disettes fatales. Une hantise du gibier règne souvent, et la magie religieuse sera l'exploitation de cette angoisse humaine. Ce qui caractérise profondément l'*Homo sapiens*, dont on retrouve les émouvantes empreintes de pieds nus dans l'argile durcie des grottes (Aldène, Niaux, ...), ce sont les manifestations figurées innombrables qui en garnissent les parois et jusqu'aux moindres objets de la vie courante, manifestations les plus diverses qualifiées Art. Convient-il de parler d'art ? Quelle en est l'origine profonde ? Art pour art ou magie utilitaire ? Les faits de l'archéologie préhistorique, ne l'oublions jamais, sont des faits humains, et l'âme humaine, même la plus « primitive », recèle des abîmes de complexité. Elle n'est jamais une, et la connaissance des mythes dogons par exemple (M. Griaule) est d'un précieux enrichissement pour la connaissance du monde leptolithique. Jamais l'explication « unique » n'est valable pour les complexes manifestations humaines préhistoriques; chacune peut exiger son explication singulière. L' « art préhistorique » semble recéler un dualisme evident, correspondant à un dualisme foncier et éternel de l'humanité. Deux espèces de tempérament s'y opposent déjà : le « poète », esprit idéaliste et artiste; le « réaliste », esprit pratique. L'un, capable de créer, le seul; l'autre, capable d'exploiter. « N'est-il pas simple de supposer qu'en un jour faste, un homme de la tribu, sans aucune arrière-pensée de profit quelconque, ait voulu réaliser une vision, donner un corps matériel à son rêve ? » (E. Pittard). Cette invention « gratuite », ce plaisir esthétique évident, cet « art pour l'art » n'existent-ils pas dans cette admirable tête de cheval de Niaux (fig. 5) ? Certaines figurations irréelles ne sont-elles pas des ébauches, des esquisses maladroites, comme le cheval-girafe, le cheval à bec de canard de la grotte du Portel ? (J. Vezian).

Mais « si l'art pour l'art n'était pas né, l'art magique ou religieux n'aurait jamais existé » (Abbé H. Breuil). De gratuites, peintures, gravures ou sculptures deviendraient « vitales », hautement utilitaires, largement bénéfiques. Pour une âme primitive, le fait de tracer sur argile ou sur paroi l'animal convoité, correspondrait à une véritable création. Des rites collectifs, témoignages de vie tribale, s'instaurent. Le modelage de cheval, sur argile, de la grotte de Gantiès, se crible de « cupules » meurtrières, propitiatoires à la chasse; les bisons de Niaux se hérissent de flèches mortelles (fig. 6). L'essentiel de la chasse devient sa préparation collective magique, dans la profondeur des grottes, par delà les chatières et les « laminoirs ». L'animal exorcisé ne peut manquer d'être tué dans la prairie. Si le chasseur vient à manquer la proie promise, ce n'est point maladresse de sa part, mais inobservation des rites ! Le fait que la création figurée corresponde à une création réelle éclate souvent dans les superpositions. Les gravures sur galets le montrent encore. Le galet de La Colombière (Ain) (fig. 7) est magique; il est porté par le chasseur, dans son « sac à médecine », et pour atteindre une proie, le sorcier sollicité grave l'animal convoité... et ainsi le galet se couvre de figures sans souci esthétique de composition.

Ces pratiques bénéfiques se retrouvent sur les objets mobiliers, sur les mystérieux « bâtons perforés », sur les omoplates gravées, sur des sculptures réalistes comme le félin d'Isturitz. Le fragment osseux de la grotte de La Vache (fig. 8) gravé d'un fin harpon à une rangée de barbelures est sans doute plus magique qu'artistique. Cet utilitarisme n'a-t-il pas provoqué de véritables « écoles de techniciens », de techniciens parfois « artistes », quelquefois itinérants comme l'exige alors la vie quotidienne ? Le renne broutant de Limeuil, celui de Thayngen sont d'une parenté troublante. Mais que dire du sujet de propulseur traité au Mas d'Azil (Ariège), le faon découvert par les Saint-Just-Péquart, arc-bouté sur ses pattes minces, avec sa composition « scatologico-poétique » ? L'inspiration en est originale. On put même la croire unique. Mais comme

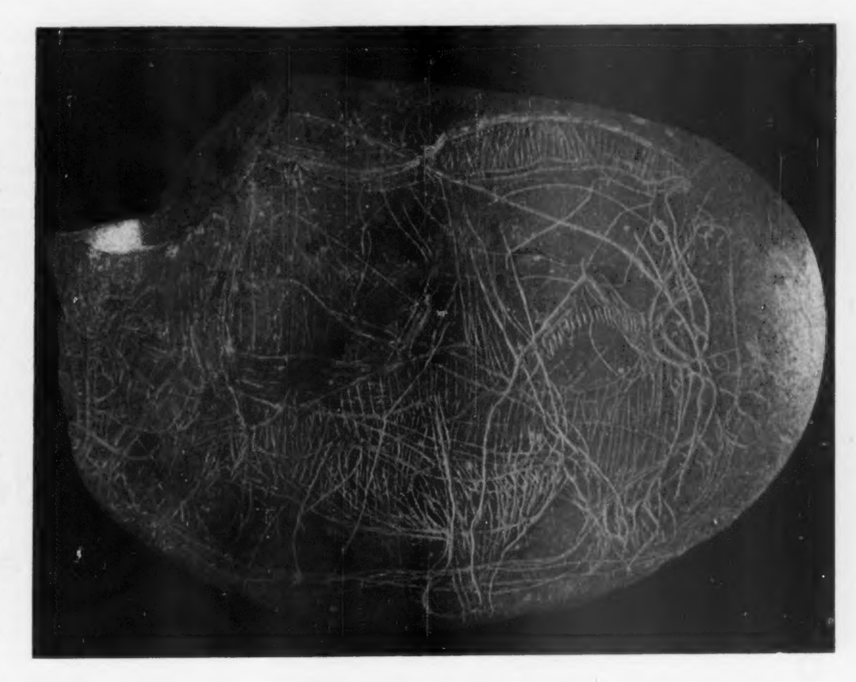


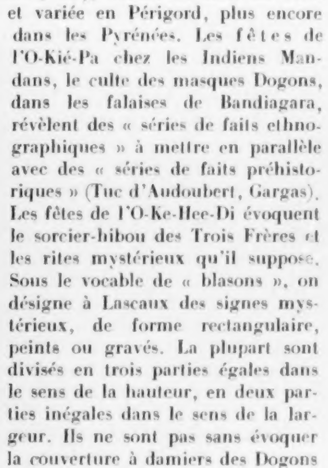
Fig. 7. — *Galet gravé de La Colombière (Ain).*
Galet découvert par H. L. Movius Jr. en 1948.
(Peabody Museum of Harvard University).

l'archéologie préhistorique doit rendre prudente! La découverte récente, par Romain Robert, dans la grotte ariégeoise de Bédeilhac, d'un véritable prototype, à 30 km à vol d'oiseau, ne pose-t-elle pas de nouveaux problèmes d'art et d'humanité? (fig. 9).

Le totémisme quaternaire peut contribuer à expliquer certaines manifestations. Il n'est pas permis de le rejeter, sous le prétexte que l'animal totem est tabou, qu'il est interdit de l'abattre, et que nombre d'animaux de nos grottes préhistoriques sont représentés percés de coups. Il y a souvent des accommodements avec les lois les plus strictes et certains Indiens prenaient pour totems des animaux à caractères bien particuliers : ours blessé au cou, daim avec un arc dans ses bois. Tous les animaux non conformes ne sont pas considérés comme totems, donc bons à tuer. Nombre d'animaux percés de coups peuvent être des totems. La scène du « puits de Lascaux », une des très rares « compositions » de notre art quaternaire, avec mise en scène de l'homme chargé par un bison blessé à mort et perdant ses entrailles, renforce cette possibilité interprétative du totémisme : l'homme au profil d'oiseau étend une main vers un mât-totem surmonté d'un oiseau.

Créations d' « images-réalités », animaux envoûtés, sacrifices, massacres rituels, magie reproductrice (Trois-Frères, Tuc d'Audoubert, Marsoulas, Niaux, ...), autant de faits de cette magie leptolithique, riche et variée en Périgord, plus encore dans les Pyrénées. Les fêtes de l'O-Kié-Pa chez les Indiens Mandans, le culte des masques Dogons, dans les falaises de Bandiagara, révèlent des « séries de faits ethnographiques » à mettre en parallèle avec des « séries de faits préhistoriques » (Tuc d'Audoubert, Gargas). Les fêtes de l'O-Ke-Hee-Di évoquent le sorcier-hibou des Trois Frères et les rites mystérieux qu'il suppose. Sous le vocable de « blasons », on désigne à Lascaux des signes mystérieux, de forme rectangulaire, peints ou gravés. La plupart sont divisés en trois parties égales dans le sens de la hauteur, en deux parties inégales dans le sens de la largeur. Ils ne sont pas sans évoquer la couverture à damiers des Dogons (dite Koso wala), tableau bariolé de dix registres d'une trentaine de rectangles alternés (G. Dieterlem et M. Griaule), représentation d'une vaste et profonde cosmogonie, gravitant autour de Sirius. Nous ne saurons sans doute jamais ce que représentent les « blasons » de Lascaux, mais il est permis de penser qu'ils peuvent avoir une « valeur symbolique » considérable.

Le grand art, l'art éternel, éclate aux Combarelles, à Font-de-Gaume, à Lascaux, au Portel, à Niaux, au Cap Blanc. Son sommet est peut-être atteint par l'admirable tête de cheval





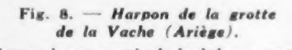


Fig. 8. — *Harpon de la grotte de la Vache (Ariège).*
Harpon à une rangée de barbelures, gravé sur os; fouilles G. Malvesin-Fabre, L.-R. Nougier, R. Robert.
(Collection et photo R. Robert).

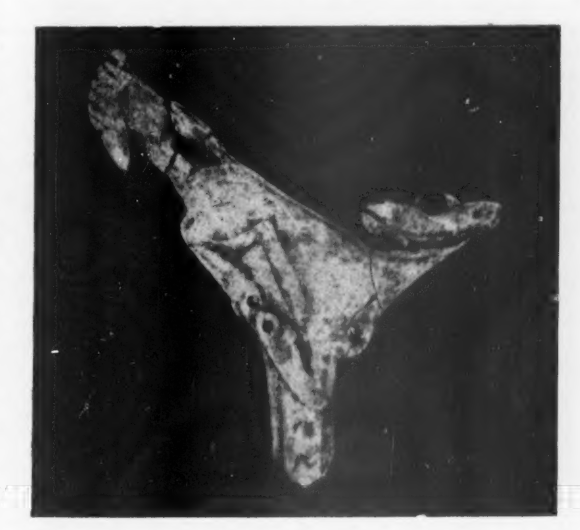


Fig. 9. — *Tête de propulseur magdalénien de la grotte de Bédeilhac (Ariège).*
Faon à la tête retournée, regardant vers un oiseau perché sur son boudin anal; fouilles R. Robert.
(Photo R. Robert, L'Anthropologie).

sculptée sur calcaire de l'abri du Roc aux Sorciers, à Angles-sur-l'Anglin (fouilles S. de Saint-Mathurin et miss Garrod), qui évoque irrésistiblement les chevaux du Parthénon, par son réalisme et sa vie intense.

Le pluralisme des explications s'impose aussi pour les figures humaines, « d'une technique si défectueuse qu'on doit croire qu'elle est volontaire » (E. Pittard) : sorciers zoomorphes, barbus, grotesques, masques, silhouettes, représentations humaines et profils artistiques se mêlent parfois dans la même galerie (Combarelles). Les statuettes féminines aurignaciennes ne sont pas toujours des manifestations idéales de beauté, mais le plus souvent des sculptures prophylactiques, des talismans de fécondité heureuse.

Un monde étonnamment complexe, qu'il faut se garder d'enfermer en des formules simples, tel est ce monde leptolithique du rétro-Würm. L'économie est diverse, chasse et pêche l'emportent, mais la vie reste dure et précaire. La vie collective, sociale, qui s'ébauche, favorable aux rites magiques et aux expressions artistiques, gravite autour de l'Animal. L'Animal est ressource, préoccupation, objet de culte peut-être : bison, cheval ou renne. Aussi, lorsque l'Animal perdra sa primauté naturelle, lorsque les glaces reculées, les hivers seront moins rigoureux, les collectivités humaines leptolithiques seront comme désaxées. Certaines remonteront vers le nord, à la suite des rennes. Certaines disparaîtront. D'autres s'adapteront sur place, et fort mal. Les temps nouveaux sont proches...

(à suivre).

Louis-René Nougier,
Maître de conférences
à la Faculté des Lettres de Toulouse.

Le dosage des traces de gaz et la détection de l'oxyde de carbone

Branche de la chimie analytique, l'analyse gazométrique repose sur les mêmes principes et elle lui emprunte un certain nombre de méthodes. Étant donné les propriétés spécifiques de la matière gazeuse, on a dû toutefois, d'une part adapter ces méthodes, d'autre part en imaginer d'autres tout à fait particulières.

De très nombreuses techniques [1] permettent donc de résoudre actuellement les problèmes les plus variés que le laboratoire de recherches ou l'atelier de fabrication posent chaque jour à l'analyse des gaz. Très fréquemment ces analyses peuvent être effectuées sur quelques centimètres cubes de gaz, c'est-à-dire sur quelques milligrammes, de telle sorte que l'analyse des gaz relève le plus souvent de ce qu'on appelle la *microanalyse*.

On est parfois conduit à procéder à des dosages sur des quantités de gaz encore plus faibles, inférieures à 0,1 cm^3, soit que l'on ne dispose pas d'un plus grand volume de gaz (recherches biologiques et bactériologiques, analyse des gaz dégagés des métaux, etc.), soit que l'on désire prélever le minimum de gaz, afin de modifier le moins possible le milieu réactionnel, comme en cinétique. On a donc été amené à mettre au point des méthodes de *microgazométrie* permettant d'opérer sur des volumes de gaz de l'ordre de quelques millimètres cubes.

Un problème tout différent est celui du dosage de traces d'un gaz dans un autre gaz ou dans une atmosphère dont on peut prélever des volumes importants; il s'agit alors de déterminer des teneurs de l'ordre de 1/1 000 à 1 millionième, ou comme l'ont dit de quelques p. p. m., c'est-à-dire de quelques *parties par million*.

C'est ce problème, présentant un grand intérêt tant dans l'industrie qu'en hygiène industrielle ou en chimie de guerre, que nous nous proposons d'examiner.

Exemples de dosages de traces de gaz. — De nombreuses synthèses industrielles s'opèrent en phase gazeuse et exigent l'emploi de catalyseurs : c'est le cas des synthèses de l'ammoniac, de l'acide sulfurique, de l'acide nitrique, de l'essence Fischer, du méthanol, du chlorure de vinyle, etc. Or, ces catalyseurs sont généralement sensibles à l'action de certaines impuretés, que les gaz industriels sont susceptibles de contenir et qui constituent des *poisons de catalyse* : oxyde de carbone dans le cas de la synthèse de l'ammoniac, composés arséniés, vapeur d'eau et chlore dans le cas du procédé de contact, dérivés sulfurés dans le cas du méthanol, etc. Il s'agit par exemple de vérifier par un dosage que les gaz utilisés pour la synthèse de l'ammoniac renferment moins de 10 p. p. m. d'oxyde de carbone.

D'autres impuretés peuvent être la cause d'accidents et c'est ainsi qu'on devra vérifier que la teneur en acétylène de l'air soumis à la distillation ou la teneur du chlore électrolytique en hydrogène ne dépassent pas certaines limites au delà desquelles des explosions sont possibles.

Les fabrications que nous venons de rappeler font généralement appel à des gaz toxiques (anhydride sulfureux, chlore, acide chlorhydrique, oxyde de carbone, etc.) ou dangereux (hydrogène) dont les fuites sont toujours à craindre; elles sont d'autre part génératrices de volumes considérables de fumées susceptibles, par les gaz toxiques qu'elles renferment, de polluer l'atmosphère. L'hygiène industrielle devait donc être amenée à porter son attention sur l'action nocive exercée par des traces de gaz toxiques, soit sur les ouvriers occupés à des fabrications industrielles, soit sur la population ou la végétation se trouvant au voisinage d'une usine.

L'apparition de la guerre chimique, en 1915, a eu d'autre part pour conséquence la création de services de protection contre les « gaz de combat » qui durent mettre à profit, pour le dosage de ces gaz, les méthodes de recherches de traces, puisqu'il convenait encore de déterminer des teneurs de 1/1 000 à 1/10^6 auxquelles ces produits agissent sur l'organisme.

Méthodes générales de dosages de traces. — Mis à part le cas de la guerre chimique, où le dosage d'un gaz toxique devra être précédé de son identification (généralement à l'aide de quelques réactions colorées simples), on sait, dans les divers exemples fournis, quel gaz toxique peut exister dans le gaz ou l'atmosphère considéré et le problème consiste à en déterminer des traces, par une méthode qui doit être évidemment très sensible et aussi précise et spécifique que possible.

En ce qui concerne la ***sensibilité***, nous avons déjà indiqué

1. Voir sur ce sujet : H. Guérin, *Traité de manipulation et d'analyse des gaz*, Masson, 1952.

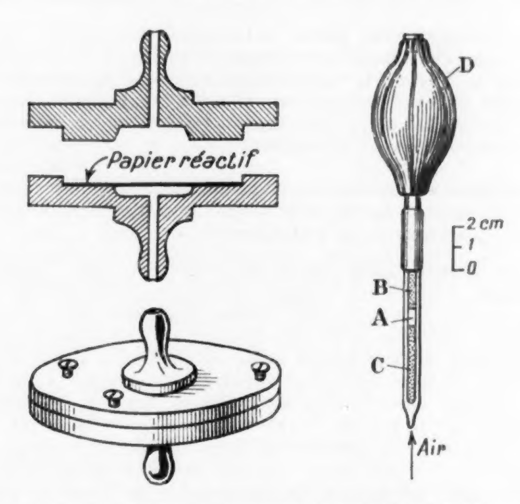


Fig. 1 (*à gauche*). — ***Dispositif permettant de tendre le papier à travers lequel passe le gaz dont on veut doser un constituant toxique, par colorimétrie sur papier réactif.***

Fig. 2 (*à droite*). — ***Tube de gel imprégné monté sur pompe à main.*** La pompe à main permet de faire passer à travers le tube un volume donné de l'atmosphère à analyser.

qu'il s'agissait d'évaluer des teneurs généralement comprises entre 1/1000 et le millionième. Quant à la *précision*, il est bien certain qu'on sera moins exigeant que pour une analyse gazométrique ordinaire : il conviendra par exemple de savoir si une atmosphère renferme 1 ou 10 p. p. m. d'un produit toxique et non de dire si elle en renferme 1 ou 2. On cherchera d'autre part à utiliser une méthode *spécifique*, grâce à laquelle les résultats ne seront pas troublés par la présence fortuite d'autres gaz étrangers, mais cela ne sera pas toujours réalisable et l'on doit dans ce cas toujours penser aux perturbations possibles.

On sera amené à utiliser des modes de dosage différents suivant que l'on procède au contrôle journalier d'une fabrication continue, en usine, ou que l'on effectue fortuitement le dosage du même gaz dans l'atmosphère au voisinage de l'usine, selon que l'on opère le contrôle continu de la teneur en oxyde de carbone de l'atmosphère d'un tunnel routier ou de la galerie d'une mine ou que l'on dose ce même gaz dans un garage ou dans un local quelconque à la suite d'un accident. Suivant la nature du gaz dosé, on sera d'autre part conduit à choisir des méthodes très différentes. On conçoit donc qu'il existe un très grand nombre de procédés analytiques qui ne sauraient être décrits ici. Il nous paraît préférable de tenter de les classer en indiquant leurs caractères essentiels, puis de donner quelques exemples plus précis concernant un cas très important : celui du dosage des traces d'oxyde de carbone.

Si l'on considère les moyens nécessaires à la mise en œuvre des différentes méthodes, celles-ci peuvent être classées de la façon suivante : *a*) méthodes manuelles de laboratoire; *b*) méthodes basées sur l'emploi d'appareils automatiques; *c*) méthodes simples et rapides, utilisables « en plein champ ».

Méthodes manuelles de laboratoire. — Certaines méthodes de l'analyse gazométrique ordinaire, consistant à absorber un gaz A dans un réactif sélectif et à procéder ensuite à une gravimétrie ou à un titrage sont applicables au dosage de traces de ce gaz A, à la condition d'opérer sur un volume suffisant du gaz B qui renferme les traces de A et de le faire barboter lentement dans le réactif.

C'est ainsi que pour doser les faibles quantités d'acide cyanhydrique contenues dans le gaz d'éclairage, on transforme CNH en sulfate d'ammonium (dont on détermine ensuite l'ammoniac) en faisant passer environ 500 l de gaz à raison de 20 à 30 l/h dans de l'acide sulfurique concentré.

De tels essais, tout en étant souvent d'une durée plus courte, ne seront jamais très rapides, exigeront des manipulations assez complexes et ne pourront par suite être opérés que dans un laboratoire bien outillé et par du personnel spécialisé. Ils seront normalement exécutés dans les usines, dans le cadre du contrôle journalier de fabrication.

Appareils automatiques. — On a de plus en plus tendance dans l'industrie à substituer au contrôle manuel discontinu, le contrôle automatique dont les résultats peuvent être enregistrés. Le dosage des traces n'a pas échappé à cette tendance grâce à la mise au point de très nombreux appareils basés sur l'un des deux principes suivants :

1° On fait absorber les traces du gaz à doser par un réactif convenable et autant que possible sélectif et l'on mesure par une méthode physique appropriée et naturellement très sensible la variation d'une propriété physique que subit la solution absorbante : température, conductibilité, coloration, etc.;

2° Abandonnant l'emploi de tout réactif chimique, on déduit la concentration des traces du gaz A contenues dans un gaz B, de la variation de grandeur que subit une propriété physique déterminée du gaz A, en présence des traces de B : densité, conductibilité thermique, susceptibilité magnétique, viscosité, absorption dans l'infrarouge, ou dans l'ultraviolet.

Certains des dosages ainsi mis au point sont peu sélectifs et on doit veiller à ce que leurs résultats ne soient pas perturbés par la présence de gaz étrangers. Ils exigent généralement des appareils assez coûteux, mais souvent aussi bien utilisables au laboratoire qu'en plein champ.

Dosages en « plein champ ». — La détection des gaz de combat comme la recherche de gaz toxiques en hygiène industrielle exigeaient des méthodes rapides et simples, susceptibles d'être mises en œuvre n'importe où, avec des moyens rudimentaires. La méthode aux papiers réactifs qui répondait à ces conditions s'est rapidement développée et a donné lieu à la normalisation de nombreux essais.

Elle consiste essentiellement à faire passer sur un papier filtre imprégné d'un réactif convenable, un volume déterminé du gaz à analyser, en un temps bien défini, et à comparer la coloration obtenue à celles d'une gamme préparée par passage de volumes déterminés d'air renfermant des quantités connues du gaz toxique. Pratiquement on tend le papier réactif sur un support (fig. 1) et on fait circuler à travers, et à une vitesse déterminée, un volume de l'air examiné, soit en utilisant une pompe à main, soit à l'aide d'un flacon de Mariotte. On a ainsi mis au point des réactifs permettant de doser des traces de chlore, d'anhydride sulfureux, d'hydrogène sulfuré, d'hydrogène arsénié, d'acide cyanhydrique, d'oxyde de carbone, de sulfure de carbone, etc.

On tend toutefois de plus en plus à substituer à ces papiers des gels de silice ou d'alumine imprégnés des réactifs, d'un emploi encore plus commode. Ces gels sont disposés en A (fig. 2) dans un tube effilé, où ils sont éventuellement encadrés par du gel non imprégné (en B et C) ayant pour but d'absorber l'humidité. On coupe les extrémités du tube au moment de l'emploi afin de le mettre en relation avec un système permettant de faire passer le volume d'air examiné en un temps donné. Un dispositif particulièrement simple consiste en une poire, en caoutchouc durci, munie de valves. Le tube dont les pointes effilées ont été coupées, étant adapté à l'extrémité convenable de la poire, on comprime celle-ci, puis on la libère; elle reprend d'elle-même son volume en

un temps donné, tandis que le volume d'air correspondant traverse le tube.

On trouve déjà des gels imprégnés pour doser l'oxyde de carbone, l'hydrogène sulfuré, l'acide cyanhydrique, les vapeurs nitreuses, les carbures aromatiques, et ce procédé se développera certainement.

Dosage des traces d'oxyde de carbone. — L'oxyde de carbone, qui existe normalement dans le gaz de gazogène, dans le gaz d'éclairage, dans le gaz de haut fourneau, et très fréquemment, à très faibles doses, dans les fumées et dans les gaz d'échappement, est d'autant plus dangereux qu'il est inodore. On admet généralement qu'un séjour de 8 h dans de l'air contenant 1/1 000 d'oxyde de carbone provoque une intoxication grave et qu'un séjour d'une heure dans de l'air renfermant 5/1 000 de CO est mortel. Cette toxicité est accrue lorsque l'atmosphère considérée est appauvrie en oxygène et enrichie en anhydride carbonique, comme cela se produit quand elle est souillée par les gaz de combustion d'un poêle ou les gaz d'échappement d'un moteur. On sait que le caractère asphyxiant de l'oxyde de carbone provient du fait qu'il déplace l'oxygène de l'oxyhémoglobine, pour donner de la carboxyhémoglobine, plus stable.

Chimiquement, ceci s'explique par le fait que la réaction d'équilibre :

$$CO + O_2Hb \leftrightarrows COHb + O_2,$$

à laquelle il donne lieu en présence d'oxyhémoglobine, est caractérisée par une constante d'équilibre :

$$k = \frac{(COHb) \times pO_2}{(O_2Hb) \times pCO}$$

où pO_2 et pCO représentent les pressions partielles de l'oxygène et de l'oxyde de carbone, (COHb) et (O_2Hb) les concentrations en carboxyhémoglobine et en oxyhémoglobine. La valeur de la constante est telle que l'équilibre est déplacé considérablement vers la droite et que l'oxyhémoglobine restant dans le sang est insuffisante pour assurer les échanges respiratoires.

Contrairement à une opinion assez répandue et que nous avons trouvé exprimée dans un ouvrage scolaire pourtant récent, le sang d'un asphyxié par l'oxyde de carbone n'est aucunement perdu; étant donné qu'il s'agit d'une réaction réversible, la respiration d'un air riche en oxygène et exempt d'oxyde de carbone donnera lieu à la réaction inverse : l'oxygène déplacera l'oxyde de carbone et l'oxyhémoglobine sera régénérée. Il faudra évidemment un excès d'oxygène et la réaction sera lente; c'est ainsi qu'on a remarqué que chez un intoxiqué sérieux, cette libération d'oxyde de carbone se poursuit durant plusieurs jours après qu'il a été ranimé.

Méthodes manuelles de laboratoire. — Nous n'insisterons pas sur les nombreuses méthodes basées sur l'oxydation catalytique de l'oxyde de carbone par l'oxygène, en présence d'hopcalite ou d'un fil de platine porté au rouge et la pesée de l'anhydride carbonique formé, ou sur son oxydation par l'anhydride iodique et le titrage de l'iode libéré.

Il convient par contre d'attirer l'attention sur la méthode la plus fréquemment utilisée dans les expertises à cause de sa spécificité. Si l'on observe à l'aide d'un spectroscope de poche une solution diluée de sang additionnée d'un réducteur et contenant par conséquent de l'oxyhémoglobine réduite, on constate la présence d'une large bande d'absorption dans le jaune. Si l'on fait barboter dans la solution un gaz (privé d'oxygène) contenant des traces d'oxyde de carbone, ce gaz se fixe sur l'hémoglobine et, lorsqu'une quantité suffisante (25 à 30 pour 100) du pigment sanguin est transformé en carboxyhémoglobine, la bande s'ouvre en son centre en faisant place à deux courtes bandes. Si l'on opère successivement dans les mêmes conditions avec le gaz à analyser et avec un gaz dont on connaît la concentration en oxyde de carbone, la comparaison des deux volumes de gaz nécessaires pour obtenir le phénomène décrit permettra de calculer la concentration inconnue en oxyde de carbone.

Méthodes continues et automatiques. — Nous donnerons un exemple de chacun des deux types de méthode indiqués plus haut, c'est-à-dire avec et sans réactif.

Le doseur M.A.S., utilisé dans les mines, met à profit la chaleur dégagée par l'oxydation de l'oxyde de carbone en anhydride carbonique, en présence d'hopcalite qui constitue en fait un catalyseur et non un réactif au sens où on l'entend normalement. Une pompe aspire simultanément l'air à doser à travers deux cartouches d'hopcalite contenant, l'une de l'hopcalite active, l'autre de l'hopcalite inactive, c'est-à-dire au contact de laquelle l'oxyde de carbone ne réagira pas. La masse active s'échauffera légèrement par rapport à la masse inactive (de l'ordre de 4° pour une teneur en CO de 1/1 000) et la faible différence des températures des deux masses, mesurées à l'aide d'un couple thermoélectrique (en réalité 82 couples montés en série) dont les deux soudures sont noyées dans ces masses, sera une mesure de la concentration de la teneur en oxyde de carbone du gaz, qu'on lira d'ailleurs directement sur le galvanomètre gradué en pour 100 de CO, de 0 à 1,5 pour 100. La précision des mesures qui peut atteindre 0,01 pour 100 au laboratoire ne dépasse pas sur le terrain 0,05 pour 100, par suite des petites oscillations de l'aiguille du galvanomètre.

Parmi les gaz éventuellement présents dans la mine, anhydride carbonique, méthane, hydrogène sulfuré, seul ce dernier risque de réagir; il est absorbé par une cartouche filtrante (chaux sodée et chlorure de calcium) qui fixe également la vapeur d'eau, susceptible de désactiver l'hopcalite. Des dispositifs analogues ont été utilisés pour doser l'oxyde de carbone dans l'atmosphère des garages ou des tunnels routiers.

Appareils à absorption infrarouge. — Divers appareils dont l'emploi est appelé à se développer tant en usine que pour les contrôles volants sont ceux basés sur l'absorption infrarouge. Nous donnerons quelques indications sur l'un d'entre eux : l'appareil U.R.A.S.

On fait absorber par deux volumes égaux d'oxyde de car-

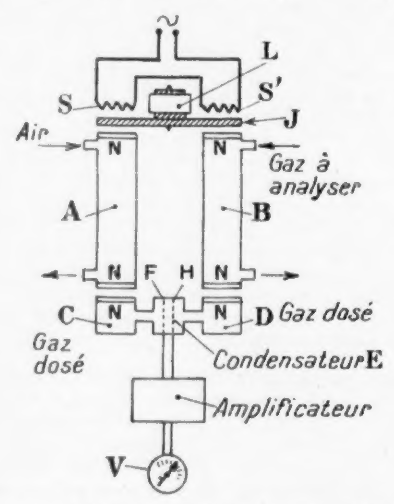


Fig. 3. — ***Schéma d'un analyseur infrarouge U.R.A.S.***

bone C et D (fig. 3) les rayonnements émis par deux sources identiques S et S', mais ayant traversé le premier un tube A, plein d'air, le second un tube identique B parcouru par le mélange d'air et de CO à analyser, l'air et le mélange étant parfaitement secs et exempts de poussières ou de vapeurs condensables.

Alors que l'oxyde de carbone contenu dans C absorbera toutes les radiations absorbables par CO présentes dans le rayonnement initial, celui présent dans D en absorbera d'autant moins que le mélange à analyser contient plus d'oxyde de carbone, puisque ces radiations auront été plus ou moins absorbées par l'oxyde de carbone du mélange qui circule dans B.

La différence d'échauffement et par suite de pression des gaz entre C et D sera donc fonction de la teneur du gaz en CO.

Sans insister sur la description de l'appareil, indiquons que les tubes A et B sont en verre, dorés intérieurement par pulvérisation cathodique et munis de fenêtres N en mica ou en sel gemme et que les deux chambres de mesures, munies elles aussi de fenêtres en sel gemme, sont séparées par un condensateur dont l'armature F est rigide et perforée tandis que l'autre, H, est constituée par une feuille d'aluminium de quelques μ d'épaisseur et par suite déformable. La membrane H est portée à 50 V alors que l'autre armature est isolée et reliée à la grille de la première lampe d'un amplificateur à 3 étages.

Afin de mesurer la différence de pression dans les chambres A et B qui est fonction de la teneur en CO du gaz, les rayonnements émis par S et S' sont interrompus périodiquement et en phase, par le diaphragme J, entraîné par un moteur synchrone L, de façon à éliminer l'échauffement non sélectif des parois des chambres, à mesurer l'échauffement du gaz seul et à produire des oscillations de tension dont l'amplitude dépendra de la concentration du gaz à doser. Les pressions dans les deux chambres deviennent en effet des fonctions périodiques du temps de même période et en phase, mais d'amplitudes différentes, du fait déjà signalé de l'absorption due à l'oxyde de carbone dans B. Cette différence de pression entre les deux chambres (10 mm d'eau au maximum) varie avec la même période que l'interruption des rayonnements et fait vibrer la membrane H du condensateur, dont la capacité varie elle aussi en fonction du temps; les variations de capacité qui sont fonction de la teneur du mélange en CO entraînent des variations de tensions, qui sont amplifiées, redressées et indiquées par le millivoltmètre V, qui peut être enregistreur.

Dans l'un des modèles de cet appareil permettant de doser 0 à 0,05 pour 100 de CO une déviation de 5 mV correspond à 0,05 pour 100 de CO et l'on peut ainsi déceler 0,001 pour 100 de CO.

La présence d'hydrogène, qui accompagne souvent l'oxyde de carbone dans les gaz industriels et qui peut troubler divers dosages, n'apporte ici aucune perturbation, ce gaz n'absorbant pas dans l'infrarouge.

Méthodes utilisables en plein champ. — Divers papiers devant être préparés immédiatement avant l'essai et basés sur le pouvoir réducteur qu'exerce l'oxyde de carbone sur le chlorure de palladium avaient été proposés mais étaient assez critiqués. On leur reprochait notamment leur manque de spécificité, car ils étaient généralement sensibles à l'action de l'hydrogène. Le même reproche pouvait être fait aux tubes indicateurs à hoolamite, produit obtenu en chauffant dans le vide un mélange d'anhydride iodique, d'oléum et de ponce sulfurique et réagissant dès la température ordinaire sur l'oxyde de carbone avec libération d'iode.

Ce produit, sensible à l'humidité, est conservé dans des ampoules dont on brise les extrémités au moment de l'emploi et à travers lesquelles on envoie un volume connu d'air à analyser privé des constituants gênants autres que l'hydrogène par passage préalable à travers un tube de charbon actif. La comparaison de la teinte gris-bleu à brun rouge que prend le support sous l'action de l'iode libéré à une échelle de teintes étalon permet de déterminer rapidement des teneurs comprises entre 0,05 et 1 pour 100.

Les recherches poursuivies pendant la guerre tant aux États-Unis qu'en Grande-Bretagne, notamment pour la détection et le dosage de faibles teneurs en CO dans l'atmosphère des avions, devaient permettre de substituer aux papiers au chlorure de palladium des gels de silice imprégnés, d'un emploi plus commode que les papiers qui se dessèchent, d'une plus grande sensibilité et d'une plus grande spécificité. Le gel mis au point par le « Bureau of standards » est imprégné de molybdate d'ammonium et de sulfate de palladium; il contient donc un silicomolybdate jaune qui, en présence du palladium naissant, est réduit par CO avec formation de produits où prédominerait l'oxyde bleu Mo_3O_8. Il permet d'évaluer des teneurs comprises entre 0,001 et 1 pour 100 avec une précision de 10 pour 100. 25 pour 100 de CO_2 et des teneurs élevées en hydrogène (5 pour 100 d'hydrogène aurait la même action que 0,001 pour 100 de CO) ne seraient pas gênants. Le gel de silice imprégné de palladosulfite de potassium adopté en Grande-Bretagne vire du jaune au noir, par suite de la précipitation de palladium métallique.

*
* *

On conçoit qu'étant donné l'existence de ces divers modes de dosage, les méthodes biologiques faisant appel aux canaris, aux souris valseuses japonaises ou aux moineaux (utilisés notamment par les mineurs du Pays de Galles), c'est-à-dire à des animaux particulièrement sensibles du fait de leur rythme respiratoire ou de leur surface respiratoire relativement plus grande que celle de l'homme, ne soient plus employées.

Ces quelques exemples de dosages de traces d'oxyde de carbone, montrent comment, grâce aux progrès réalisés en analyse de gaz, celle-ci est à même de fournir, au chimiste industriel comme à l'hygiéniste, une série de procédés de dosages parmi lesquels il peut choisir celui qui convient le mieux aux conditions de travail envisagées, aux moyens dont on dispose et au degré de précision recherché.

Henri Guérin,
Professeur à la Faculté des Sciences
de Nancy.

Le nouveau laboratoire central de la fonderie

Le laboratoire central de la fonderie, récemment inauguré à Sèvres, complète l'organisation du Centre technique des industries de la fonderie qui disposait déjà de laboratoires à Nancy, Saint-Dizier, Lyon, Marseille, Bordeaux, Rennes et Rouen. Les industries françaises de la fonderie comprennent 2 000 entreprises employant environ 100 000 ouvriers. A côté de quelques entreprises très importantes, nombreux sont les ateliers où ne travaille qu'une petite équipe. C'est précisément pour aider les fondeurs moyens et petits que le centre technique a créé ses divers laboratoires. Des spécialistes disposant du matériel approprié, dont l'acquisition serait trop coûteuse pour nombre d'entreprises, y effectuent toutes les analyses courantes, donnent des consultations, étudient et proposent des projets de modernisation des ateliers, établissent des normes, rassemblent et transmettent toute documentation utile.

LA CULTURE DES TISSUS VÉGÉTAUX

2. Nutrition (1)

Les fondateurs de la culture des tissus comprirent de bonne heure que celle-ci ne prendrait toute sa valeur que lorsqu'elle aurait permis de résoudre des problèmes offrant une portée générale. Ils ne tentèrent donc pas de l'élever au rang d'une science particulière mais se contentèrent de la considérer comme une méthode expérimentale douée d'une souplesse et d'une puissance remarquables permettant d'étudier simultanément structure, fonction et milieu. Les possibilités de cette technique diffèrent d'ailleurs selon qu'on s'adresse au règne animal ou au règne végétal. Si l'on envisage par exemple le point de vue morphologique, on doit reconnaître que les cultures de tissus végétaux se prêtent mal à l'observation microscopique parce qu'elles sont compactes, tandis qu'au contraire les colonies de cellules animales, en raison de leur transparence parfaite, laissent voir admirablement leur structure. En revanche, dans le domaine de la physiologie, la culture des tissus végétaux permet d'obtenir des résultats très supérieurs à ceux que procure la culture des tissus animaux. Cette supériorité tient surtout à la possibilité de cultiver des amas de cellules végétales pesant plusieurs grammes, sur lesquels on peut réaliser des études quantitatives variées, tandis que les colonies de cellules animales, dont le poids n'excède pas quelques milligrammes, se prêtent mal aux mesures nécessitées par des recherches physiologiques.

La supériorité des cultures de tissus végétaux apparaît d'une manière particulièrement nette si l'on considère la nutrition. Nous verrons en effet que les milieux de culture employés pour les cellules végétales sont très simples et pour la plupart entièrement synthétiques, ce qui permet de savoir avec précision quelles sont les substances nécessaires à la prolifération, tandis que ceux utilisés pour les cellules animales (2) sont préparés à l'aide de produits naturels très complexes dont la constitution est mal connue, si bien qu'on ignore encore la nature des facteurs de division cellulaire qu'ils contiennent.

Les botanistes n'ont pas manqué de tirer parti de cet avantage présenté par la culture des tissus végétaux et ils ont donc fait porter leur effort sur des études de nutrition. Leur tâche fut d'ailleurs facilitée par les travaux entrepris antérieurement sur des plantes entières. Ces travaux avaient établi que les végétaux supérieurs peuvent être cultivés sur des milieux très simples constitués par des solutions de sels minéraux (liquide de Knop, liquide d'Uspenski, liquide de Pfeffer, etc.) et les fondateurs de la méthode des cultures *in vitro* se sont naturellement servis de milieux de même type. Mais comme les colonies tissulaires n'élaborent généralement pas de chlorophylle ou n'en produisent qu'une quantité insuffisante pour être entièrement autotrophes, ces solutions minérales furent additionnées de glucose ou de saccharose.

On a dû recourir en outre à diverses substances organiques douées du pouvoir de stimuler la multiplication cellulaire. Enfin, les milieux furent généralement solidifiés par de la gélose.

Nous examinerons successivement ces divers aspects de la nutrition des tissus.

Nutrition minérale. — Dans nos premières tentatives nous avions constaté que de nombreux tissus pouvaient être cultivés en utilisant, comme milieu minéral, de la solution de Knop diluée de moitié, dont voici la composition :

Eau	1 litre
Nitrate de calcium	0,5 g
Nitrate de potassium	0,125 g
Sulfate de magnésium	0,125 g
Phosphate monopotassique	0,125 g

Nous ajoutions à ce milieu des traces d'éléments oligodynamiques : Fe, Zn, B, I, Mn, Cu, etc.

Le chercheur américain White employa une autre solution apparentée au liquide d'Uspenski et possédant la composition suivante :

Eau	1 litre
Nitrate de calcium	0,200 g
Sulfate de magnésium	0,360 g
Sulfate de sodium	0,200 g
Nitrate de potassium	0,080 g
Chlorure de potassium	0,065 g
Phosphate monosodique	0,0165 g

Cette solution était également additionnée de traces de divers éléments oligo-dynamiques. Ce milieu a été mis au point par White pour la culture des racines. Il a aussi permis celle de nombreux tissus tumoraux mais s'est révélé en général peu favorable à la culture des tissus normaux.

Hildebrandt, Riker et Duggar ont aussi étudié la nutrition minérale des cultures de tissus mais leurs travaux, fragmentaires et n'ayant porté que sur des tissus tumoraux, manquent de généralité.

Ces remarques ont suggéré d'étudier en détail la nutrition minérale des cultures de tissus. Notre collaborateur R. Heller, ayant entrepris ce travail, démontra que les souches normales sont très sensibles aux carences minérales et qu'elles réagissent intensément aux variations de concentration de certains ions. Il établit que l'inadaptation du milieu de White à la culture de nombreux tissus normaux résulte de sa trop faible teneur en ions phosphoriques. Il constata aussi que l'augmentation de la teneur en potassium de notre propre milieu améliorait la vitesse de croissance des cultures. La grande sensibilité des tissus en culture lui permit de déceler enfin l'influence favorable exercée par les ions sodium sur les tissus végétaux, point qui était jusqu'ici controversé. Ses recherches aboutirent à l'établissement d'un nouveau milieu permettant d'augmenter considérablement la vitesse de croissance de divers tissus : carotte, saule, vigne-vierge, etc. (fig. 1). Ce milieu possède la composition suivante :

Eau	1 litre
Nitrate de sodium	0,50 g
Chlorure de potassium	0,75 g
Chlorure de calcium	0,05 g
Phosphate monosodique	0,10 g
Sulfate de magnésium	0,20 g
Chlorure de magnésium	0,20 g

Toutefois, ce milieu ne doit pas être utilisé sans discernement. Heller a en effet découvert une particularité très curieuse consistant dans le fait que les besoins en éléments minéraux d'un tissu donné ne sont pas invariables mais dépendent de

1. Voir : La culture des tissus végétaux ; 1. Principes généraux, *La Nature*, n° 3212, décembre 1952, p. 364.
2. Voir J. Verne, La culture des tissus animaux ; 1. Généralités et techniques, *La Nature*, n° 3206, juin 1952, p. 174.

son état physiologique. C'est ainsi que plus un tissu prolifère intensément et plus il faut lui fournir de potassium. Au contraire, lorsqu'un tissu est dans un état physiologique déficient, on doit abaisser la teneur du milieu en potassium et au contraire augmenter celle en calcium, qui est remarquablement faible dans les conditions normales.

Ainsi les colonies tissulaires réagissent nettement à l'égard des variations de la composition minérale des milieux de culture et peuvent donc constituer un matériel de choix pour étudier certains points délicats, par exemple les phénomènes d'équilibre ou d'antagonisme entre ions.

On a quelquefois tenté de remplacer les nitrates par diverses sources organiques d'azote. Franck, Riker et Dye ont par exemple constaté que l'urée, l'acide glutamique et l'alanine sont d'excellentes sources d'azote pour les tissus tumoraux. Le succinate d'ammonium, le glycocolle et l'acide aspartique sont également utilisés mais leur valeur nutritive est inférieure à celle des substances précédentes.

Les éléments oligo-dynamiques n'ont encore fait l'objet que de quelques recherches préliminaires mais les résultats obtenus nous font espérer que leur étude sera elle aussi fructueuse.

Nutrition carbonée. — Les premiers chercheurs ayant tenté de cultiver les tissus végétaux ont utilisé comme source de carbone, du glucose ou du saccharose. Par la suite, nous avons constaté que d'autres hexoses (fructose, galactose, mannose) peuvent être utilisés par les tissus normaux. Il en est de même du maltose, du lactose et du raffinose. Toutefois l'aliment carboné le plus efficace est en général le saccharose. Signalons enfin que le glycérol peut également servir de source de carbone mais à condition que les cultures aient subi une accoutumance progressive à son action. Par contre, les pentoses, les hexoses et les glucides colloïdaux (amidon, inuline, etc.) n'ont aucune valeur nutritive pour les tissus normaux.

La nutrition carbonée des tissus tumoraux a fait aussi l'objet d'études approfondies. Hildebrandt et Riker ont dans l'ensemble confirmé les résultats que nous avions obtenus sur les tissus normaux. Mais ils ont en outre constaté que les tissus tumoraux peuvent utiliser le cellobiose et, dans une faible mesure, certains pentoses, xylose et rhamnose, et même des glucides colloïdaux : amidon, inuline, dextrine, pectine. Ces auteurs ont également constaté que certains acides organiques, par exemple les acides succinique, malique et quelques alcools, l'alcool méthylique, le dulcitol, etc., peuvent être utilisés par les cellules tumorales à condition d'être associés à du saccharose. Ces résultats n'ont malheureusement aucune portée générale, car le métabolisme des tissus tumoraux est profondément différent de celui des tissus normaux.

Lorsqu'on recherche ce que deviennent les sucres mis à la disposition des cultures, on constate qu'une partie contribue à l'accroissement des colonies tandis que le surplus est emmagasiné dans les cellules. Notre collaborateur Goris a montré que les glucides qui s'accumulent ainsi subissent des transformations. Par exemple que si l'on fournit du glucose à une culture de tissus chlorophylliens de carotte maintenue à la lumière, ce glucide se transforme partiellement à l'intérieur des cellules pour donner du saccharose et du fructose. Cette transformation est presque instantanée. Si le sucre fourni à la culture est du fructose ou du saccharose, on obtient une transformation analogue et la colonie contient donc le même mélange glucidique que dans le cas précédent.

Si l'on se place dans des conditions telles que tout phénomène chlorophyllien soit impossible, en travaillant par exemple sur des colonies dépourvues de plastes différenciés, on constate que le glucose peut donner du saccharose mais qu'il ne fournit que très peu de fructose.

On peut influencer le métabolisme des glucides d'une autre manière, par exemple au moyen de substances de division. Ces substances, en raison de leur action stimulante sur le développement des cultures, augmentent l'utilisation des sucres et réduisent indirectement leur accumulation par les colonies ; pour certaines d'entre elles, notamment les auxines (voir plus loin), cette réduction ne s'accompagne d'aucune modification de la proportion des divers glucides. Une autre substance de division contenue dans le lait de coco (voir plus loin) détermine la disparition des sucres réducteurs. Les inhibiteurs de croissance agissent également sur le métabolisme glucidique. Le plus intéressant à cet égard est l'hydrazide maléique qui intensifie la production de saccharose au détriment de tous les autres glucides. Ces facteurs physico-chimiques agissent indirectement en modifiant l'activité des enzymes qui déterminent les transformations glucidiques au sein des cellules.

On voit en somme que la méthode des cultures de tissus a révélé que le pouvoir que possède la cellule végétale d'isomériser les sucres est plus étendu que ne pouvaient le laisser supposer les expériences réalisées sur les plantes entières. Elle ouvre un champ d'étude d'une grande originalité dont l'exploitation sera sûrement fructueuse.



Fig. 1. — *Cultures de tissus de Saule réalisées dans des milieux renfermant diverses solutions minérales.*

A gauche, milieu à base de solution de Heller. Au centre, milieu à base de solution de Knop diluée de moitié. A droite, milieu à base de solution de White. On constate que le premier milieu est le meilleur et le dernier le moins bon.

(D'après HELLER).

Facteurs de croissance. — Certains tissus normaux, par exemple le tissu cambial de Carotte ou de Ronce et la plupart des tissus tumoraux sont capables de proliférer dans un milieu dépourvu de tout facteur de croissance et ne contenant donc, comme éléments nutritifs, que des sels minéraux et un sucre. Mais le plus souvent on est obligé d'avoir recours à diverses substances organiques appelées facteurs de croissance qui stimulent la prolifération cellulaire. Ces substances jouent manifestement un rôle catalytique car elles sont actives à très faible dose. Les plus importantes sont les auxines et les hétéro-auxines, certaines vitamines et enfin des substances diverses.

1° ***Auxines et hétéro-auxines.*** — On donne le nom d'auxines à des substances présentes dans la plante normale, possédant la propriété de déterminer l'élongation et la multiplication cellulaire et peut-être aussi divers processus de morphogenèse. L'auxine la mieux connue est l'acide indole acétique. On groupe sous le terme d'hétéro-auxines des substances telle que l'acide naphtalène-acétique, l'acide 2-4 dichlorophénoxyacétique, l'acide naphtoxyacétique, etc., qui constituent une très vaste famille de corps n'existant pas dans la plante mais doués des mêmes propriétés physiologiques générales que les auxines. L'emploi de ces substances comme adjuvants dans des milieux nutritifs a joué un rôle décisif dans la réalisation de la culture des tissus normaux car la plupart d'entre eux, par exemple ceux de Topinambour, de Scorsonère, de Vigne-vierge, d'Aubépine, etc. (fig. 2) ne peuvent proliférer qu'en leur présence. Notre collaboratrice Mlle Kulescha a montré que les tissus incapables de s'accroître sans un apport extérieur d'hétéro-auxine n'élaborent

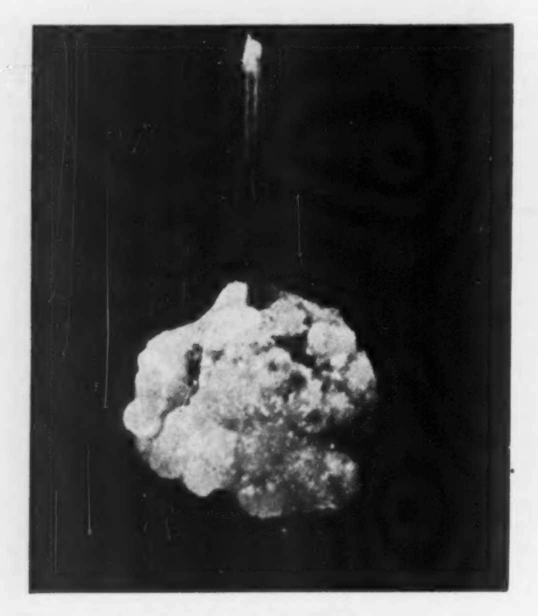


Fig. 2. — ***Culture d'un fragment de tige de Vigne-vierge.*** La partie inférieure, baignant dans un milieu renfermant une hétéro-auxine (acide naphtalène-acétique), a produit de volumineuses protubérances. (*D'après* MOREL).

pratiquement pas d'auxine tandis que ceux qui peuvent être cultivés sans substance de division synthétisent eux-mêmes l'auxine nécessaire à leur prolifération.

Il existe donc des tissus hétérotrophes et d'autres qui sont autotrophes à l'égard des auxines mais dans tous les cas ces substances sont nécessaires à la prolifération cellulaire. Fait très curieux, les tissus tumoraux, quelle que soit leur origine bactérienne, chimique, biologique, génétique, sont autotrophes à l'égard des auxines, même si les tissus normaux correspondants sont hétérotrophes. Les auxines et les hétéro-auxines ne stimulent pas la prolifération de tous les types cellulaires, mais presque exclusivement celle des cellules cambiales et des éléments parenchymateux qui en dérivent. C'est pourquoi elles n'agissent guère que sur les tissus des Dicotylédones et des Gymnospermes, qui sont les seuls groupes possédant des cellules cambiales.

Les auxines et les hétéro-auxines sont d'ailleurs d'un maniement délicat car leur mode d'action varie avec les concentrations. Si l'on cultive par exemple des tissus de Carotte dans un milieu contenant de l'acide indole-acétique à la dose de 10^{-8} à 10^{-7}, on constate que cette substance stimule électivement la prolifération cellulaire (fig. 3). Si l'on emploie une dose plus forte de l'ordre de 10^{-6} on constate l'apparition d'une action rhizogène caractérisée par la formation de nombreuses racines (fig. 4). Une dose encore plus forte, de l'ordre de 10^{-5} à 10^{-4} provoque enfin un gonflement en tous sens des cellules (fig. 5) ce qui entraîne une dissociation plus ou moins complète des tissus.

Pour obtenir des cultures durables il faut donc choisir une concentration d'acide indole-acétique capable de provoquer électivement la multiplication cellulaire. Cette notion est très importante ; sa méconnaissance a empêché pendant longemps les chercheurs américains de réaliser des cultures de tissus normaux, et ce n'est que tout récemment qu'il y sont parvenus.

2° ***Vitamines.*** — Les chercheurs américains qui réalisèrent pour la première fois la culture des racines isolées avaient constaté que leur développement ne pouvait être obtenu qu'en présence de vitamine B_1. Les racines de certaines espèces exigent également de la vitamine B_6 ou de l'acide nicotinique. Ces résultats ne manquèrent pas d'influencer les études entreprises ultérieurement sur la culture des tissus et l'on utilisa notamment des milieux contenant de la vitamine B_1. Cette transposition était gratuite car en réalité la vitamine B_1 n'est ni indispensable ni même utile à la croissance de la plupart des colonies tissulaires (tissus de Carotte et de Scorsonère). Le seul exemple connu de tissu exigeant de la vitamine B_1 est celui des tumeurs provoquées par un virus chez l'Oseille.

On a considéré le rôle d'autres vitamines. On sait par exemple que l'acide pantothénique renforce la croissance des tissus d'Aubépine et de Saule sans être cependant indispensable. Il en est de même de la biotine mais dans une mesure plus faible.

Signalons encore que certaines associations de vitamines stimulent remarquablement le développement des tissus d'arbres. C'est ainsi que Jacquiot a obtenu des cultures exubérantes de tissus de Châtaignier sous l'action combinée de la biotine, de l'inositol et de la vitamine B_1 alors que chacune de ces trois vitamines prises séparément était inactive. De même Henderson, Durrel et Bonner ont obtenu une remarquable stimulation des tissus de Soleil en utilisant un mélange de dix vitamines. Malheureusement ils n'ont entrepris aucune étude méthodique et l'on ignore si vraiment tous les constituants de ce mélange sont utiles à la prolifération tissulaire. Signalons enfin que l'activité du malt vis-à-vis des tissus de Pin, activité signalée par Loewenberg et Skoog, est vraisemblablement due aux vitamines qu'il contient.

3° ***Substances diverses.*** — Nous considérerons l'action de protéides et de leurs dérivés puis celles de produits naturels de composition mal définie.



Fig. 3. — ***Coupe dans une colonie tissulaire de Carotte.*** La colonie a été cultivée en présence d'acide indole-acétique à la concentration de 10^{-7} ; à cette dose, l'auxine stimule la multiplication des cellules et l'on voit apparaître au sein de la colonie des îlots de petits éléments correspondant aux régions où la prolifération a été particulièrement intense.



Fig. 4. — *Culture d'un fragment de liber de Carotte.*
Le milieu de culture, renfermant de l'acide indole-acétique à la concentration de 10^{-6}, a provoqué la production de nombreuses racines.

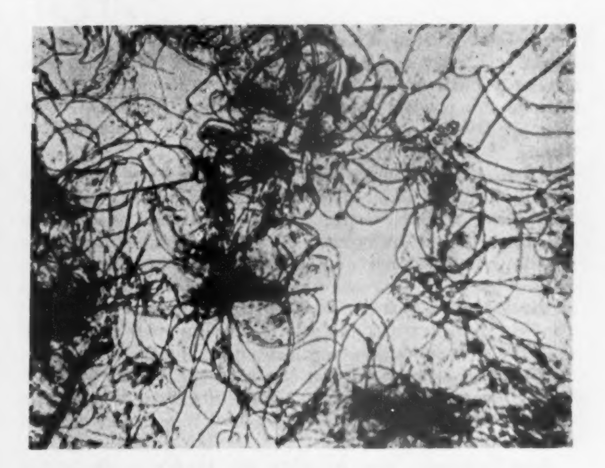


Fig. 5. — *Cellules géantes de Carotte.*
En soumettant un fragment de Carotte à l'action d'un milieu renfermant de fortes doses d'acide indole-acétique (10^{-5} à 10^{-4}) on obtient des cellules géantes qui s'isolent presque complètement les unes des autres ; cela résulte de la croissance isodiamétrique des cellules.

a) *Protéides et dérivés.* — Les premières recherches entreprises sur la culture des racines isolées ayant mis en évidence l'action stimulante qu'exercent certains amino-acides, par exemple le glycocolle, on a pensé que ces substances devaient exciter également la prolifération des colonies tissulaires. Franck, Riker et Dye observèrent un curieux phénomène en exploitant cette idée. Certains amino-acides, par exemple l'alanine, l'acide aspartique, l'acide glutamique exaltent à très faible dose le développement des tissus tumoraux. Cette exaltation ne peut être d'ordre trophique car elle se manifeste même si le milieu est riche en aliments azotés, par exemple en nitrates, et disparaît si l'on augmente la dose d'amino-acide, pour se manifester de nouveau lorsque la concentration devient telle que la substance puisse jouer un rôle trophique. Cette action stimulante exercée par les amino-acides, quoique indiscutable, n'a pas la netteté de celle déterminée par les auxines. D'autre part les amino-acides ne sont jamais indispensables au développement des cultures. C'est ainsi que le glycocolle contenu dans le milieu de White et la cystéine que nous ajoutons à nos propres milieux semblent superflus.

Parmi les dérivés de protéides doués de propriétés intéressantes nous devons encore mentionner les bases organiques entrant dans la constitution des acides nucléiques. Nickell, Greenfield et Burkholder ont montré que quatre d'entre elles, la guanine, l'uracile, la xanthine et l'hypoxanthine, stimulent à dose très faible la prolifération des tissus tumoraux d'Oseille. Une autre base du même groupe, l'adénine, exerce par contre une action inhibitrice sur le développement des colonies tissulaires. Elle n'est cependant pas dépourvue d'intérêt car Skoog a montré qu'elle favorise la néoformation des bourgeons. On ne peut toutefois pas la considérer comme le facteur spécifique de la néoformation des bourgeons, étant donné qu'elle ne fait qu'exalter la production de bourgeons par les tissus qui en produisent normalement et n'agit pas sur les tissus incapables de bourgeonner spontanément. Cette conclusion est d'ailleurs renforcée par les observations de Jacquiot selon lesquelles l'adénine n'agit pas seule mais en liaison avec le méso-inositol, l'intensité du bourgeonnement variant en fonction du rapport méso-inositol/adénine. Signalons pour finir que le mélange d'amino-acides contenu dans l'hydrolysat de caséine stimule le développement des tissus de diverses plantes, notamment de ceux de Soleil (Henderson), de Fougères, de Sélaginelle et de Ginkgo (Morel).

b) *Produits naturels de composition mal connue.* — Les fondateurs de la culture des tissus animaux avaient pensé à juste titre que le milieu intérieur de l'organisme, c'est-à-dire le plasma sanguin, serait favorable à la multiplication des cellules (voir l'article de M. J. Verne déjà cité). Ce principe fut appliqué aux végétaux par Van Overbeek, Conklin et Blakeslee. Essayant de cultiver *in vitro* des embryons provenant d'hybrides inter-spécifiques de *Datura*, ils eurent l'idée d'additionner leurs milieux de lait de coco, albumen liquide aux dépens duquel se nourrit normalement l'embryon du cocotier. Les résultats furent excellents.

Quelque temps après, Caplin et Steward affirmèrent que le lait de coco stimule la prolifération des tissus parenchymateux de Carotte bien plus intensément que l'acide indole-acétique. Cette découverte intéressante fut malheureusement entachée d'une erreur grossière car les témoins cultivés en présence d'acide indole-acétique n'avaient manifesté qu'une activité absolument insignifiante, ce qui était contraire à l'opinion de tous les spécialistes.

C'est à Duhamet que revint finalement le mérite d'avoir défini les propriétés générales du lait de coco. Il constata que cette substance stimule la prolifération des tissus normaux plus intensément que les auxines et qu'elle exalte en outre le développement de tissus tumoraux insensibles aux autres substances de croissance. Le lait de coco renferme donc un principe d'un type nouveau. Ce principe ne détermine pas seulement la multiplication des cellules cambiales comme c'est le cas pour les auxines, mais il peut stimuler la prolifération d'autres types cellulaires tels que les éléments parenchymateux des Monocotylédones ou des Ptéridophytes. Il est vraisemblable qu'un produit analogue existe aussi dans les jeunes albumens de Maïs, dans la levure, dans la Tomate et dans certaines tumeurs végé-

tales car on peut en obtenir des extraits possédant la même activité que le lait de coco. Ce produit n'a pu encore être isolé mais on connaît depuis peu des substances définies (mercaptothiazoline, mercaptoéthylamine) qui jouissent également de la propriété de stimuler la prolifération des tissus tumoraux (Bouriquet).

La puissante activité du lait de coco fut mise à profit pour cultiver divers tissus proliférant mal sur les milieux habituels. Notre élève Morel en a tiré parti pour cultiver les tissus de Monocotylédones et de Ptéridophytes. Tout récemment Henderson, Durrell et Bonner ont obtenu pour la première fois la culture des tissus de Soleil en utilisant un milieu additionné de lait de coco. Steward et Caplin ont enfin montré que l'acide 2-4 dichlorophénoxyacétique peut encore renforcer les propriétés stimulantes du lait de coco. Cependant, malgré sa puissante activité le lait de coco ne peut être considéré comme une véritable panacée car il provoque parfois une sorte d'épuisement des cultures qui peut aboutir à leur mort.

Modifications des besoins en facteurs de croissance au cours de la culture. — Lorsqu'on essaie de cultiver un fragment d'organe tel qu'une tranche de liber de Carotte ou une lame de cambium de Saule, on constate que la prolifération est facilitée par la présence de divers facteurs de croissance. C'est ainsi que le développement du liber de Carotte ne peut être entretenu d'une manière durable que si le milieu renferme de l'auxine. Celui du cambium de Saule est favorisé par l'auxine, l'acide pantothénique et la biotine. Si après avoir réalisé quelques repiquages on apprécie de nouveau les besoins nutritifs des cultures, on constate quelquefois qu'elles peuvent se passer des facteurs de croissance qui étaient nécessaires au début.

Les colonies tissulaires provenant de liber de Carotte sont capables au bout de deux ou trois repiquages de se développer sans auxine. Parfois même elles deviennent insensibles à l'action stimulante de cette substance, ce qui s'explique par le fait qu'elles acquièrent le pouvoir d'en élaborer une quantité suffisante. Nous verrons dans l'article qui fera suite à celui-ci et qui sera consacré aux applications à la pathologie, que ce second phénomène peut être comparé aux processus tumoraux.

De même, les tissus de Saule que l'on doit cultiver pendant les premiers repiquages en présence d'auxine, de biotine et surtout d'acide pantothénique peuvent par la suite proliférer dans un milieu totalement dépourvu de facteurs de croissance. Ainsi les besoins nutritifs des cultures de tissus sont essentiellement changeants et ce caractère doit être constamment présent à l'esprit de ceux qui s'en servent pour réaliser des études physiologiques.

État physique du milieu. — Dans nos premières expériences nous cultivions les tissus dans des milieux liquides sans précautions spéciales. Les fragments tombaient au fond des récipients et mouraient asphyxiés. Par la suite nous avons obtenu de bons résultats en plaçant les colonies à la surface de milieux solidifiés par de la gélose et cette technique s'est généralisée. Les recherches ultérieures de de Ropp, de Caplin, de Steward et d'Heller ont établi que les milieux liquides peuvent néanmoins convenir, à condition que les tissus ne soient pas constamment immergés et qu'ils puissent respirer. Mais la présence d'un support colloïdal quelle que soit sa nature, organique ou minérale, facilite la croissance, par un mécanisme encore inconnu.

Conclusions. — Les recherches entreprises sur la nutrition des tissus végétaux ont dans l'ensemble été plus fructueuses que celles réalisées sur les tissus animaux. Ce succès, rappelons-le, est entièrement dû au fait que les cellules végétales se contentent d'aliments bien plus simples que les cellules animales. On peut en effet les cultiver dans des milieux entièrement synthétiques, tandis que les cellules animales exigent des milieux très complexes renfermant obligatoirement du plasma sanguin dont la constitution n'est pas complètement élucidée. Grâce à cet avantage on a pu connaître les facteurs spécifiques de la multiplication des cellules végétales, tandis que ceux qui provoquent la prolifération des cellules animales sont encore indéterminés. Mais les spécialistes de la culture des tissus végétaux auraient tort de croire que leur tâche est vraiment facile. Ceux qui étudient systématiquement la nutrition des tissus pathologiques s'engagent dans une voie très discutable surtout lorsqu'ils veulent attribuer une portée générale à leurs résultats. Nous savons en effet que chaque fois qu'on compare les besoins nutritifs d'un tissu tumoral à ceux d'un tissu normal, qu'il s'agisse par exemple des besoins minéraux ou des besoins en auxine, on découvre de profondes différences. Il doit en être de même pour les autres propriétés physiologiques qui n'ont pas encore été étudiées. Et d'ailleurs l'étude physiologique des tissus normaux exige elle-même une grande circonspection car les propriétés des tissus cultivés *in vitro* sont assez changeantes. Seule une longue expérience permet de distinguer parmi les nombreuses cultures d'une souche normale celles qui ont conservé leurs caractères primitifs et celles qui, plus ou moins modifiées, deviendront complètement aberrantes au cours des repiquages ultérieurs. La culture des tissus végétaux, comme toute technique, présente donc ses servitudes; elle exige un apprentissage méthodique et l'on ne doit pas être surpris que ceux qui ont voulu brûler les étapes aient commis des erreurs.

(*à suivre*).

R.-J. Gautheret,
Professeur à la Sorbonne.

Culture d'algues en eau d'égout

Les eaux d'égout sont riches en matières organiques et en sels minéraux, notamment nitrates et phosphates. Le problème principal à résoudre pour les purifier et de trouver une méthode capable d'oxyder les matières organiques et de les détruire.

Des chimistes de l'Université de Californie vont essayer à l'échelle industrielle une méthode qui a donné d'excellents résultats au laboratoire. Elle est basée sur la culture des algues. Le développement de ces plantes fournit par photosynthèse l'oxygène nécessaire ; de plus, elles consomment les nitrates et les phosphates. Trouvant dans ce milieu riche en matières nutritives des conditions favorables à leur multiplication, elles fournissent une récolte abondante.

Les algues sont ensuite séchées, puis pasteurisées pour détruire les bactéries et les microorganismes nuisibles. Le produit ainsi obtenu est riche en protéines et constitue un excellent aliment pour les animaux.

L'amélioration des sols pauvres

La Nature (n° 3208, août 1952) a signalé la création récente en Corrèze méridionale d'une coopérative destinée à promouvoir l'amélioration des sols pauvres de cette région. Tout dernièrement une autre coopérative s'est constituée dans le nord de l'Aveyron, à Mur-de-Barrez, pour le traitement par amendements calcaires des sols granitiques acides du Barrez, du Carladez et de la Viadène. Ces cantons, longtemps abandonnés au seigle, aux chataigniers et aux bruyères, peuvent espérer connaître à leur tour une transformation économique que leur isolement a jusqu'ici retardé : aucune voie ferrée, routes peu nombreuses et accidentées (de Mur-de-Barrez à Aurillac : 16 km à vol d'oiseau, 39 par la route). Il est à souhaiter que cette transformation technique entraîne une amélioration des conditions de vie, particulièrement désirable dans ces coins reculés des confins de l'Auvergne et du Rouergue, et fournisse une solution possible au difficile problème posé par l'exode rural (voir l'article en tête du présent numéro).

VIBRATIONS ET STRUCTURE MOLÉCULAIRE [1]

Dans notre précédent article ([1]), nous avons vu que la molécule est constituée de radicaux rattachés élastiquement et oscillant autour d'une position d'équilibre en émettant des oscillations électromagnétiques dont l'ensemble constitue le « spectre ». Nous étudierons maintenant le spectre moléculaire comme constituant la base actuelle de la physico-chimie.

•
• •

Le spectre infrarouge. — Guidés toujours par l'analogie de comportement entre la molécule chimique et notre modèle mécanique, cherchons maintenant, en augmentant la fréquence des oscillations forcées imprimées à la molécule matérielle, à retrouver l'autre phénomène que notre modèle nous avait révélé : celui de la résonance des liaisons élastiques qui assemblent les diverses parties de sa structure.

1. Voir *La Nature*, n° 3212, décembre 1952, p. 368.

	Fréquences		*Longueurs d'onde*		
Courants industriels.	30 Hz		10 000 km		
Basse fréquence.	300 »		1 000 »		Électro-acoustique
	3 000 »		100 »		
Grandes ondes T. S. F.	30 KHz		10 »		
	300 »		1 000 m		
Petites ondes T. S. F.	3 000 »		100 m		
Ondes courtes T. S. F.	30 MHz		10 m		
Ondes ultra-courtes T. S. F.	300 »		1 m		Région des bandes de relaxation
	3 000 »		100 mm		
	3×10^{10} MHz		10 mm		
Infrarouge lointain.	3×10^{11}		1 000 µ		
	3×10^{12}		100 µ		Spectres de rotation pure
	3×10^{13}		10 µ		
Infrarouge proche.	3×10^{14}		1 µ = 0,001 mm		Spectres de vibration et de rotation (moléculaires)
Lumière visible.	3×10^{15}		0,1 µ = 1 000 Å		
Ultraviolet.	3×10^{16}	éléments légers	100 Å	éléments légers	
Rayons X mous	3×10^{17}		10 Å		Spectres (atomiques) de raies
» » moyens	3×10^{18}	éléments lourds	1 Å	éléments lourds	
» » durs	3×10^{19}		0,1 Å		
Rayons γ	3×10^{20}		0,01 Å		
	3×10^{21}		0,001 Å		Phénomènes de transmutation
Rayons cosmiques.	3×10^{22} cycles		0,0001 Å		

Fig. 1. — *Oscillations électromagnétiques et leurs propriétés.* Pour les très basses fréquences, ce spectre débute par les courants alternatifs à fréquence industrielle. Puis commence le vaste spectre des ondes hertziennes utilisées par la radiophonie et des ondes ultra-courtes dans lesquelles on rencontre les bandes de relaxation des molécules organiques. Au delà commence le spectre de l'infrarouge qui rentre dans les techniques de l'optique et dans lequel on rencontre les fréquences d'oscillations propres de l'architecture moléculaire. Ce spectre est limité par le spectre visible, extrêmement étroit, de 0,8 micron à 0,4 micron. Au delà commence le spectre ultra-violet.

Mais, puisque la longueur d'onde des bandes de relaxation déjà constatées était à la limite de ce qu'on appelle les ondes hertziennes, nous serons obligés, pour aller plus loin, de sortir de ce domaine et de pénétrer dans celui, tout différent, de l'optique des radiations de grande longueur d'onde, c'est le rayonnement infrarouge que les physiciens échelonnent entre 1 mm et 1 micron (1 µ), les longueurs d'onde de 0,7 µ devenant les radiations rouges visibles pour notre œil (fig. 1).

Pour de telles longueurs d'onde, nous ne savons plus construire de systèmes matériels assez petits pour mettre directement en oscillation les molécules matérielles comme nous le faisions précédemment avec notre condensateur.

Aussi cherchera-t-on à fournir par une autre voie au corps étudié l'énergie qu'il doit rayonner sous forme ondulatoire. On pourrait, par exemple, le chauffer et exciter ainsi son « spectre d'émission ». C'est de cette façon qu'on procéderait pour un solide, tel qu'une porcelaine ou une céramique réfractaire. Mais pour obtenir une émission appréciable, il faudrait porter le corps à des températures telles que tous les corps organiques, si fragiles à ce point de vue, seraient instantanément détruits. On tourne la difficulté en utilisant la réciprocité entre l'émission et l'absorption d'énergie à la résonance. On place une couche plus ou moins épaisse du corps à étudier sur le trajet d'un faisceau d'ondes lumineuses correspondant à ce que dans le spectre visible on appelle la lumière blanche, c'est-à-dire un faisceau comportant toutes les longueurs d'ondes possibles dans le domaine étudié, et l'on relève le « spectre d'absorption » de la lumière transmise, c'est-à-dire l'intensité des ondes transmises en fonction de leur fréquence ou de leur longueur d'onde.

Pratiquement, on utilise des spectrographes automatiques qui donnent directement cette courbe des intensités en fonction de la longueur d'onde sur un diagramme photographique qu'il

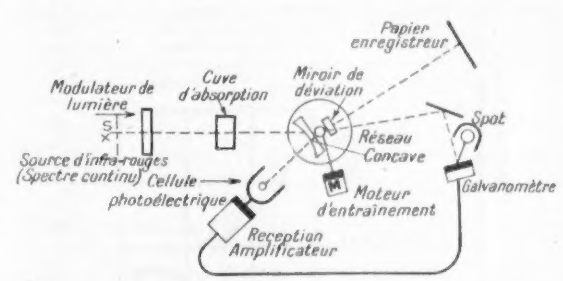


Fig. 2. — *Schéma de spectrographe automatique infrarouge.* L'axe qui porte le réseau tournant porte en même temps un miroir qui déplace l'image du faisceau du galvanomètre sur le papier enregistreur proportionnellement à la rotation, c'est-à-dire à la longueur d'onde de la lumière qui traverse la substance à étudier placée dans une cuve C.

ne reste plus qu'à interpréter (fig. 2). On obtient ainsi une véritable fiche signalétique de la substance étudiée, fiche qui permettra de la caractériser, par exemple, dans un mélange complexe de divers corps (fig. 3 et 4).

Mais on peut tirer de ces spectres des résultats bien plus intéressants pour le chimiste. Chacune des raies d'absorption qui apparaît dans le spectre est causée par l'absorption d'énergie à la résonance d'une partie de la molécule vibrant par rapport à l'ensemble, et l'on doit pouvoir remonter de cette résonance

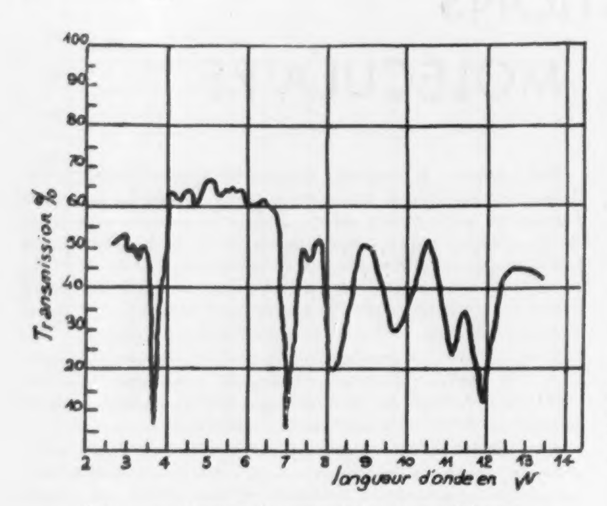


Fig. 3. — *Spectre de transmission du cyclohexane.*
C'est le type d'un spectre simple de transmission infrarouge tel qu'on peut le relever à l'aide de l'appareil enregistreur de la figure 2. Les « raies d'absorption » obtenues sont caractéristiques du corps étudié et peuvent permettre de l'identifier dans un mélange complexe.

aux forces de valence réunissant les diverses parties. Ainsi, alors que les bandes de relaxation dans les divers corps organiques nous avaient révélé l'asymétrie des molécules et nous avait permis de la chiffrer, les spectres d'absorption vont nous permettre de préciser la forme même de celles-ci.

Il semble *a priori* qu'un spectre infrarouge doive être fort simple, puisqu'il ne contient que les fréquences de résonance de la molécule et leurs harmoniques. L'expérience prouve au contraire que ces spectres sont extrêmement compliqués et que cette complication doit être rattachée à la complexité même des modes de vibration moléculaires.

Prenons par exemple la plus simple des structures, celle d'un corps diatomique, tel que l'acide chlorhydrique HCl dont le spectre d'absorption est donné par la figure 5. L'image qu'on

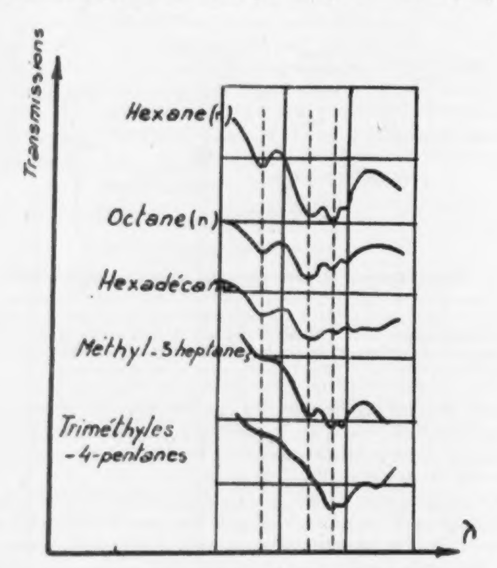


Fig. 4. — *Spectres de transmission de diverses substances.*

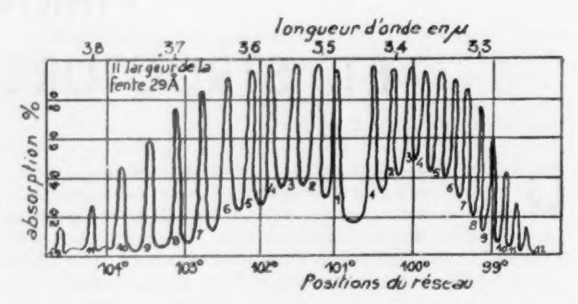


Fig. 5. — *Structure fine du spectre d'absorption de l'acide chlorhydrique.*
En plus du mouvement d'oscillation des deux ions Cl et H sur la droite qui les joint, l'ensemble de la molécule peut pivoter autour de son centre de gravité, donnant lieu à des vibrations de « rotation » qui se superposent aux vibrations fondamentales pour donner lieu à des « bandes d'absorption » dans le spectre infrarouge, dont une analyse plus poussée montre qu'elles sont constituées de séries de fines raies de part et d'autre de la fréquence fondamentale.

s'en fait actuellement est celle de deux ions placés à une certaine distance $2r$ l'un de l'autre, comme une haltère (fig. 7 de notre précédent article). On voit immédiatement que cette distance peut tout d'abord varier périodiquement, les deux ions oscillant symétriquement sur la droite qui les joint : c'est le mouvement de vibration proprement dit qui donnera une première série de fréquences f, $2f$, $3f$, ..., etc.

Ces raies d'absorption se trouvent placées pour la plupart des corps dans ce qu'on classe sous le nom d'*infrarouge moyen*, qui s'étend de quelques microns à quelques centaines de microns; elles correspondent au mouvement le plus lent que puisse avoir la molécule. Mais le système des deux ions peut aussi tourner autour de son axe de symétrie; le mouvement de rotation est aussi un mouvement périodique dont la fréquence, qui est ici le nombre de tours par seconde, est déterminée par l'inertie du système tournant; il lui correspondra une série de fréquences f' dites de rotation qui vont se superposer à chacune des fréquences de vibration constatées précédemment, donnant de part et d'autre de celles-ci un phénomène qu'on connaît en spectroscopie sous le nom de *structure fine des bandes d'absorption*. A chacune des raies très fines, constituant de part et d'autre de chaque fréquence de vibration une « bande d'absorption », correspondra une fréquence telle que :

1re bande : $f \pm f'$, $f \pm 2f'$, $f \pm 3f'$, $f \pm 4f'$, ...
2e bande : $2f \pm f'$, $2f \pm 2f'$, $2f \pm 3f'$,...
3e bande : $3f \pm f'$, $3f \pm 2f'$, $3f \pm 3f'$, ...
4e bande : $4f \pm f'$, $4f \pm 2f'$, $4f \pm 3f'$, ...
....

et l'on saisit sur cet exemple simple le mécanisme qui permet d'expliquer la complexité apparente des spectres observés sur la figure 5.

Prenons maintenant une molécule plus compliquée telle que la molécule d'eau H_2O. Cette molécule a une structure curieusement dissymétrique (fig. 6), elle est coudée et les ions hydrogène font avec l'axe de symétrie un angle voisin de 55°. Aussi, en plus des vibrations des deux ions hydrogène par rapport au noyau central et de la rotation d'ensemble de la molécule autour de son centre de gravité, on pourra concevoir un troisième mouvement correspondant



Fig. 6. — *Structure de la molécule d'eau.*
La molécule H_2O peut se replier sur elle-même en vibrant autour de la valeur moyenne de l'angle de repli, soit 55°.

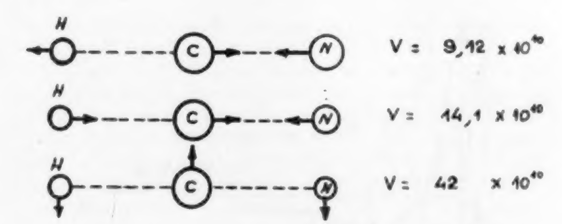


Fig. 7. — *Vibrations de la molécule d'acide cyanhydrique.*
La molécule CNH peut se déformer suivant trois modes différents à chacun desquels correspond une fréquence fondamentale. C'est à ces trois fréquences fondamentales que se superpose la « structure fine » due aux harmoniques des fréquences de rotation.

à de petites oscillations de l'angle des deux ions hydrogène autour de sa valeur moyenne correspondant à une nouvelle fréquence de vibration et venant compliquer encore le spectre obtenu.

Pour une molécule d'acide cyanhydrique CNH, les deux « bras » sont dissymétriques, ce qui introduit un élément de complication supplémentaire dans l'architecture moléculaire. Les deux bras pourront, comme le montre la figure 7, vibrer indépendamment l'un de l'autre, donnant lieu à trois fréquences fondamentales.

On voit par ces quelques exemples qu'au fur et à mesure que la molécule se complique, modes de déformation et fréquences fondamentales de vibration se multiplient (fig. 8), mais la corrélation ainsi établie entre ces deux phénomènes permettra de classer sans difficulté les raies caractéristiques du spectre et d'en déduire la structure. C'est ainsi que le benzène, par exemple, pourtant l'un des corps les plus simples de la chimie organique, n'a pas moins de vingt modes fondamentaux de vibration (fig. 9), sans compter les harmoniques et les mouvements de rotation qui s'y superposent.

Le spectre infrarouge est loin d'être exploré dans sa totalité pour chaque substance. Les difficultés expérimentales se multiplient rapidement dès qu'on s'éloigne de la région de l'infrarouge proche, de quelques microns de longueur d'onde, et le relevé de spectres de rotation dans la région de 200 à 300 μ n'est guère possible que grâce à des artifices tels que la méthode des « rayons restants » (fig. 10) ou l'emploi de réseaux de fils parallèles qui diffractent les rayons infrarouges comme ils le font des ondes hertziennes ultra-courtes.

Aussi a-t-on souvent recours, pour compléter les indications lacunaires et pourtant si précieuses du spectre infrarouge, à une autre méthode permettant d'atteindre indirectement ces

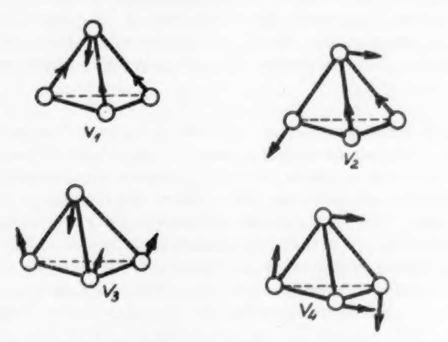


Fig. 8. — *Modes de vibration fondamentaux d'une molécule tétraatomique* (NH_3).
La pyramide représentée ci-dessus a pour hauteur 0,388 dix-millionièmes de millimètre et on déduit des fréquences propres de rotation de cette pyramide qu'elle a un moment d'inertie de $2{,}78 \times 10^{-40}$ g/cm².

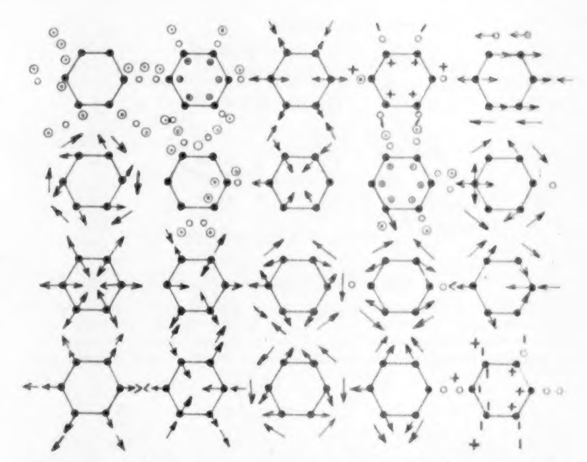


Fig. 9. — *Modes de vibration propre de la molécule de benzène.*
Le moment d'inertie de la molécule C_6H_6 est égal à 140×10^{-40} g/cm² par rapport au plan de l'hexagone. On conçoit sur cet exemple quelle peut être la complexité d'un spectre infrarouge auquel correspondent toutes les combinaisons possibles des 16 mouvements de déformation possibles avec les mouvements de rotation.

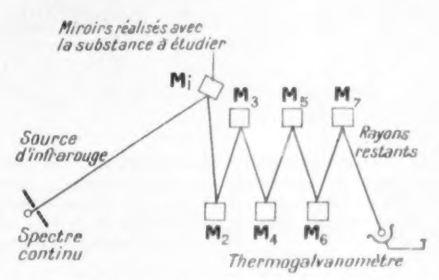


Fig. 10. — *Méthode des rayons restants.*
Beaucoup de corps ne réfléchissent bien la lumière que pour une longueur d'onde particulière. C'est pourquoi ils paraissent colorés en lumière blanche. Il en est de même en lumière infrarouge, mais pour rendre le phénomène plus sensible on procède à des réflexions successives sur le corps à étudier jusqu'à ce que toutes les radiations incidentes soient éteintes, sauf celles pour lesquelles le corps présente un maximum de réflexion. Ce rayonnement restant correspond alors aux caractéristiques des oscillations de son architecture moléculaire.

fréquences fondamentales de vibration qui permettent de remonter à l'architecture moléculaire.

Effet Raman. — Nous avons vu que, lorsqu'on superpose à une vibration de fréquence f_1 une autre vibration de fréquence f_2, on obtient toute une série de vibrations de fréquence $f_1 \pm f_2$, $f_1 \pm 2f_2$, etc..., qui se répartissent autour de la fréquence f_1. Ce sont les *fréquences de battement* bien connues des acousticiens. Une application importante de ce phénomène est donnée par l'effet Raman.

Quand on fait passer un faisceau de lumière monochromatique à travers un corps organique transparent placé dans une cuve C et qu'on examine la cuve latéralement (fig. 11), on sait que, par suite de la diffusion de la lumière sur les molécules contenues dans la cuve, on aperçoit une faible lueur : la lumière diffusée. Si l'on examine alors cette lumière avec un spectroscope très lumineux, on constate que, contrairement à ce qu'on pourrait attendre, non seulement on retrouve la fréquence de la lumière incidente, mais encore toute une série de raies fines, symétriquement disposées par rapport à celle-ci, et

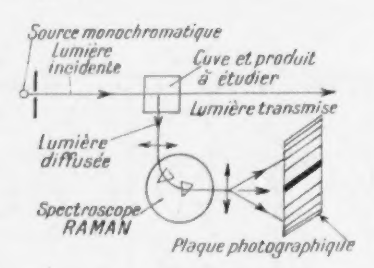


Fig. 11. — *L'effet Raman.*
La faible lumière diffusée latéralement par la cuve C éclairée par la source monochromatique S contient non seulement la radiation incidente, mais une série de radiations caractéristiques du corps diffusant et correspondant aux battements entre la radiation incidente et les fréquences propres de la molécule du corps étudié.

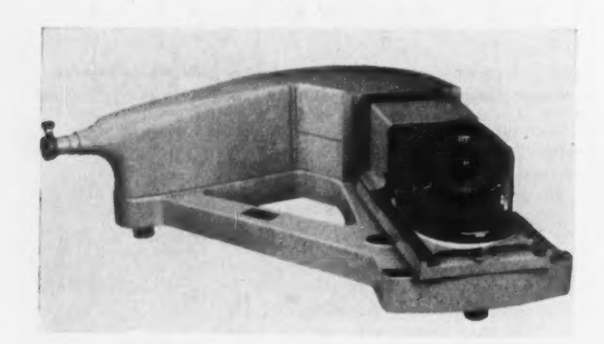


Fig. 12. — *Spectrographe Huet pour l'étude de l'effet Raman.*
Ces spectrographes, qui doivent être très lumineux pour raccourcir des temps de pose se chiffrant en dizaines d'heures, sont généralement composés de prismes. Les meilleurs sont fabriqués en France.
(Photo Société Générale d'Optique).

dont l'aspect est caractéristique de la structure du corps diffusant.

Cette série de raies dont l'aspect est indiqué sur la figure 11, n'est autre que le résultat des battements entre la radiation incidente d'une part et, d'autre part, les diverses fréquences de vibration propres qui forment les raies du spectre infrarouge.

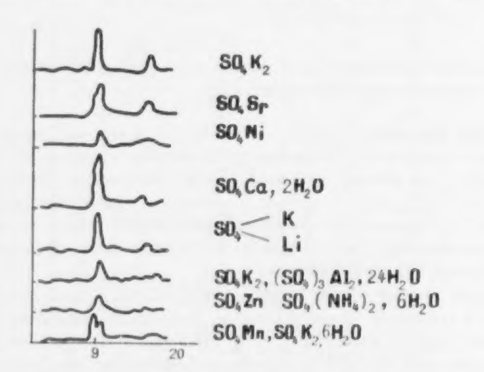


Fig. 13. — *Comment on détermine l'architecture d'une molécule organique.*
Les spectres infrarouges relevés ci-dessus pour divers sels d'un même radical SO_4 = ion sulfurique, révèlent tous une raie pour une longueur d'onde de 9 microns environ. Cette raie est donc caractéristique de l'ion SO_4 = et sa présence dans le spectre d'un composé décèlera la présence de ce groupement dans son architecture moléculaire.

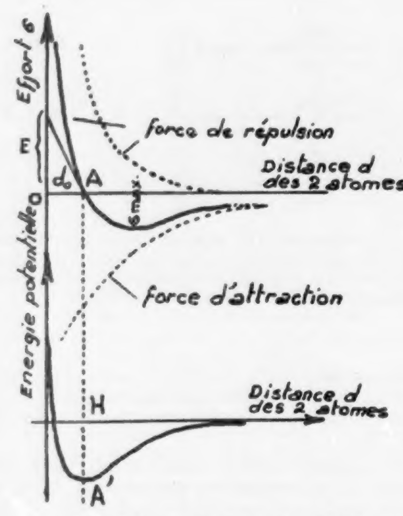


Fig. 14. — *Courbe de Born et sa dérivée.*
En bas, courbe de l'énergie potentielle d'un atome au voisinage d'un autre en fonction de la distance à celui-ci. Par raison de commodité on a supposé l'énergie nulle à l'infini, en négligeant l'énergie interne des atomes qui n'intervient pas dans ce cas. La courbe supérieure, dérivée de la précédente, donne la force qui s'exerce entre les deux atomes. Cette force s'annule pour une certaine distance critique d_0, distance réticulaire ou distance d'équilibre entre deux atomes unis par des forces de valence.

L'énergie répartie dans ces raies du spectre est extrêmement faible et l'on est conduit pratiquement à utiliser des spectrographes spéciaux à prisme très lumineux, dits « spectrographes Raman » dont les meilleurs sont fabriqués en France (fig. 12).

Il se trouve d'ailleurs qu'après un examen approfondi, on remarque que le spectre Raman n'est pas rigoureusement identique au spectre infrarouge. Les conditions d'orientation des mouvements vibratoires des radicaux moléculaires font que certains modes de vibration ne peuvent être obtenus par ce mode d'excitation et le spectre Raman sera parfois plus simple que le spectre infrarouge.

Dans la pratique, cette méthode vient compléter heureusement l'arsenal dont dispose le physico-chimiste. Celui-ci, après avoir établi sur les molécules simples bien connues les règles fondamentales des raies d'absorption et identifié (fig. 13) les raies caractéristiques des différents radicaux élémentaires SO_4^-, CH_3^-, pourra, en relevant successivement spectre infrarouge et spectre Raman, éclairer le chimiste sur la nature des liaisons entre les diverses parties de la molécule et lui permettre d'édifier l'architecture de celle-ci. Il pourra alors aller plus loin encore et prévoir la plupart des propriétés physiques du corps étudié.

Force interatomique. — Pour compléter l'image que se fait le physicien de la structure de la molécule, il reste enfin à préciser la nature de la force de liaison sur laquelle sont basées les propriétés précédentes. Cette force a été étudiée par le physicien Born : il a cherché les influences qui s'exerçaient entre deux particules matérielles électrisées en fonction de la distance qui les sépare. Madelung a pu sans difficultés étendre alors les propriétés trouvées au cas réel d'un atome placé dans un cristal et soumis aux forces résultant de tous les autres atomes du cristal.

Limitons-nous donc au cas élémentaire de deux particules en présence et traçons la courbe de la force qui s'exerce sur chacune d'elles quand on les rapproche depuis l'infini jusqu'à o (fig. 14). On voit qu'une telle force, qui se confond d'abord

avec celle donnée par la classique loi de Coulomb (attractions inversement proportionnelles au carré de la distance), s'en écarte bientôt : aux faibles distances, la force d'attraction passe par un maximum, s'annule pour une certaine distance critique OA qui correspond à l'état d'équilibre, puis se transforme en une répulsion qui croît très vite si l'on veut rapprocher encore les deux particules. En effet, à faible distance, les atmosphères électroniques s'interpénètrent et les noyaux positifs, qui ne jouaient aucun rôle tant qu'ils étaient dissimulés derrière l'écran formé par le nuage d'électrons, commencent à se repousser. C'est l'origine de la force répulsive qui croît avec le rapprochement jusqu'à annuler la force interatomique pour une certaine distance critique. A l'état normal, les ions associés dans un cristal ou dans une molécule organique se tiendront donc à cette distance critique d'équilibre pour laquelle ils ne subissent ni attraction ni répulsion. Cette *distance réticulaire*, qui représente normalement la maille du réseau cristallin, est l'une des grandeurs fondamentales de cette structure; elle permet de vérifier l'hypothèse de Kékulé sur le développement dans l'espace des formules chimiques.

Cette courbe, qui représente la force de liaison en fonction de la distance, n'est en réalité guère accessible à l'expérience directe. On la dérive généralement d'une autre courbe qui exprime le travail effectué pour amener un ion depuis l'infini jusqu'au point considéré en luttant contre la force précédente. Cette dernière présente d'abord une décroissance (l'ion cède à l'attraction qu'il subit) un minimum pour la distance réticulaire, puis une croissance très rapide en sens inverse de l'énergie « de liaison » possédée par l'ion.

On attache dans la nouvelle physique une importance de plus en plus grande à ces considérations énergétiques plus accessibles à la théorie physique, et c'est ainsi qu'on décrira l'émission d'une vibration à la résonance, dans les conditions citées comme le passage d'un état d'énergie W_1 à un autre état W_2 avec émission de la différence sous forme de vibration, de fréquence $F = \frac{W_1 - W_2}{h}$. De même, on décrirait actuellement le mouvement du pendule élastique qui nous a servi de modèle en insistant sur la différence des quantités d'énergie qu'il possède dans ses deux positions extrêmes.

Si le physicien cherche à accéder à la courbe de Born, clé de l'édifice moléculaire, en calculant *a priori* la compressibilité de certains cristaux simples, tels que le mercure, le chimiste dispose d'autres moyens pour obtenir, au moins indirectement, des renseignements sur la courbe énergétique tracée en bas de la figure 14. L'un des plus simples tient dans la remarque suivante :

Vaporiser un corps, c'est accroître l'agitation thermique des molécules qui le constituent jusqu'à ce que leur mouvement désordonné suffise à les éloigner suffisamment les unes des autres, à une distance pratiquement infinie devant leurs dimensions. Il faut pour cela fournir au corps étudié, sous forme de chaleur, un certain travail appelé *chaleur de vaporisation*, qui correspond précisément au travail de dispersion de chaque molécule depuis leur distance d'équilibre réciproque jusqu'à l'infini (nous comprenons ici dans cette chaleur de vaporisation la chaleur de fusion pour les solides, l'état liquide étant intermédiaire entre l'état parfaitement ordonné du cristal et l'état parfaitement dispersé de la vapeur). Cette chaleur équivaut, pour une molécule unique, à la distance HA', qui, sur la figure 14 sépare l'énergie au maximum de stabilité de l'énergie résiduelle pour une molécule éloignée à l'infini du centre d'attraction. Elle permet donc de déterminer la courbe dont Born et ses successeurs ont établi l'expression théorique. On conçoit alors l'intérêt de cette étude des forces intermoléculaires qui permettra de relier des phénomènes aussi éloignés en apparence que la vaporisation et les propriétés spectroscopiques.

Cette diffusion des molécules dans la vaporisation est d'ailleurs très analogue à la diffusion des molécules d'un corps dans un solvant qui constitue le phénomène de dissolution. Van t'Hoff put montrer que la pression exercée par l'agitation thermique désordonnée des molécules du corps dissous, appelée *pression osmotique*, était la même que celle qu'aurait exercée sa vapeur à la même température, et cette identité entre état dissous et état gazeux est devenue un des principes fondamentaux de la chimie physique. Mais ici intervient le rôle du solvant qui diminue les forces intermoléculaires. Un solvant, en effet, c'est un diélectrique, et tous les bons solvants sont de bons diélectriques : l'eau, par exemple, a une constante diélectrique voisine de 80. Or, on sait que, lorsqu'on place un diélectrique entre deux corps électrisés (tels que les deux balles de sureau des vieilles collections de physique), la force qui les attirait l'un vers l'autre est divisée par le coefficient diélectrique de la substance interposée. De même, deux molécules placées dans un diélectrique tel que l'eau ou l'alcool subiront des forces d'attraction beaucoup moins grandes et seront donc beaucoup plus faciles à dissocier : il faudra fournir pour cela une énergie moindre, ce sera la *chaleur de dissolution*, fonction de la nature du solvant. De toute façon, cette énergie d'agitation thermique qui doit provoquer la dissociation des molécules du corps dissous sera empruntée au liquide lui-même et, si on ne la lui fournit pas en le chauffant, le liquide se refroidira. C'est bien ce qu'on constate expérimentalement.

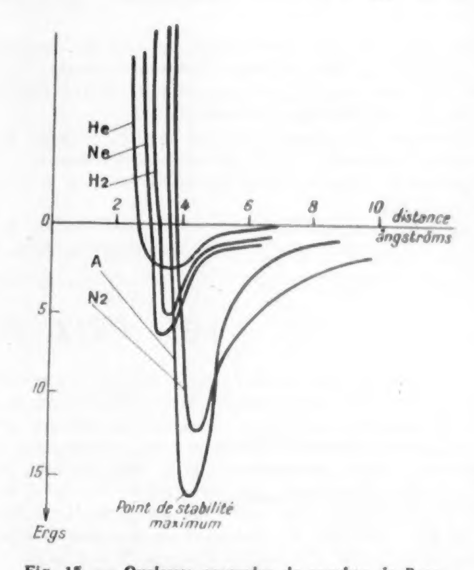


Fig. 15. — *Quelques exemples de courbes de Born.*
On n'a relevé ici que la courbe des énergies, seule accessible à l'expérience. Les distances sont portées en angströms, les énergies en ergs. Diverses formules empiriques ont été proposées pour exprimer ces courbes.

Il arrive d'ailleurs que la dissociation moléculaire ne soit qu'imparfaite et qu'il subsiste encore des forces de liaison insuffisantes pour empêcher la parfaite déformabilité du corps, mais suffisantes pour maintenir au repos une certaine orientation d'ensemble de longues files de molécules. On a affaire à de véritables cristaux liquides dont l'existence fut démontrée expérimentalement par Friedel.

La physico-chimie. — Le propre d'une grande théorie, c'est de grouper un très grand nombre de faits expérimentaux en une vaste synthèse ramenant toute une science à quelques notions fondamentales « simples » au sens étymologique du mot. La physico-chimie est l'un des plus modernes exemples d'un tel édifice : la théorie des molécules polaires et la courbe

de Born avec ses perfectionnements en sont les fondements. Dans une science qui s'affirme déterministe, toutes les propriétés des corps doivent pouvoir se déduire de la connaissance de leur structure atomique et moléculaire.

La physique des rayons X et des spectres de raies permet d'atteindre la première; l'étude des spectres moléculaires et des phénomènes de relaxation nous fournit maintenant la structure de la molécule.

A partir de cette architecture laborieusement édifiée, les lois des interactions moléculaires, dont la courbe de Born n'est qu'une tentative d'interprétation simple, doivent nous permettre de retrouver toutes les propriétés physiques et chimiques des corps. Déjà chaleur de dissolution, température de fusion, constante diélectrique, indice, etc. peuvent, au moins théoriquement, être calculés *a priori* et l'on peut espérer que les progrès de cette science nouvelle qu'est la physico-chimie nous donneront bientôt la clé de toutes les propriétés de la matière, but jamais atteint de l'ancienne chimie.

A. MOLES.

LES PRIX NOBEL POUR 1952

Les antibiotiques, dont l'avènement a marqué, en ces dernières années, une date capitale dans l'histoire de la lutte contre les maladies infectieuses, comptent de grandes vedettes qui s'appellent pénicilline, streptomycine, auréomycine, chloromycétine... C'est au découvreur de la streptomycine, le professeur Selman Waksman qu'a été attribué, en 1952, le prix Nobel de physiologie et de médecine. Né en Russie, à Priluka, près de Kiev, en 1888, M. Waksman est directeur de l'Institut de microbiologie de l'Université Rutgers (New-Jersey).

Rappelons que la streptomycine a été isolée, en 1944, à partir d'un micro-organisme du sol, le *Streptomyces griseus*. Introduite depuis cinq ans en thérapeutique, elle a aujourd'hui à son actif la guérison de milliers de cas de méningite tuberculeuse, maladie naguère toujours mortelle. Elle combat de même efficacement la granulie. Grâce encore à son action, le déroulement de la « phtisie galopante » peut être enrayé. On a enfin cessé d'observer, en maniant la médication avec prudence, ces vertiges rebelles ou ces cas de surdité fréquents au début de son emploi. En utilisant la streptomycine avec un autre produit possédant une action contre le bacille de Koch (P. A. S., isoniazide), on évite l'accoutumance des germes à l'antibiotique.

Deux savants américains se sont partagé le prix Nobel de physique, tandis que deux savants anglais recevaient le prix Nobel de chimie.

Les lauréats américains sont MM. Félix Bloch, né en 1905, professeur à l'Université Sanford (Californie), et Edward Mills Purcell, né en 1912, qui enseigne à l'Université de Harvard. On leur doit une subtile méthode, dite *d'induction nucléaire*, pour mesurer avec une précision remarquablement accrue — mille fois plus grande que celle autorisée par tous autres procédés — le moment magnétique des noyaux atomiques. De telles mesures présentent une importance fondamentale en microphysique pour l'étude de la structure du noyau. MM. Bloch et Purcell ont d'autre part grandement contribué, pendant la dernière guerre mondiale, au perfectionnement du radar.

Quant aux lauréats britanniques, MM. Archer Martin, né en 1910, de l'Institut national des recherches médicales de Londres, et Richard Synge, né en 1914, de l'Institut de recherches Rowett, à Aberdeen (Écosse), ils sont les inventeurs d'une méthode d'analyse extraordinairement fine et précise, la *chromatographie* de partage, dans laquelle on utilise un simple papier filtre, suspendu verticalement, le long duquel un solvant approprié déplace et échelonne les constituants de la substance complexe examinée, constituants dont la position est ensuite mise en évidence par un réactif qui fait apparaître une série de taches plus ou moins colorées et étendues. Cette technique a considérablement approfondi le champ des recherches en biochimie. Elle a déjà permis d'isoler, de doser, de purifier toutes sortes de substances organiques complexes, telles que vitamines, hormones, ferments, anticorps, pigments, etc. En mai dernier, la Société chimique de France consacrait une « journée » à cette si féconde « chromatographie sur papier ».

Qu'en chimie comme en physique les prix Nobel aient été ainsi divisés, comme le cas paraît en être de plus en plus fréquent, cela signifie qu'il devient décidément fort rare, aujourd'hui, qu'un homme soit à lui seul l'auteur d'une grande découverte. Les recherches scientifiques, dont la complexité va croissant, exigent de plus en plus le travail en équipe.

FERNAND LOT.

LE CIEL EN FÉVRIER 1953

SOLEIL : du 1er au 28, sa déclinaison croît de $-17°14'$ à $-8°9'$; la durée du jour passe de 9^h24^m le 1er à 10^h54^m le 28 ; diamètre apparent le 1er = 32'30",9, le 28 = 32'20",0 ; éclipse partielle les 13-14, invisible à Paris, visible dans l'est de l'Asie, le N.-W. de l'Océan Pacifique et l'Alaska. — **LUNE** : Phases : D. Q. le 7 à 4^h9^m, N. L. le 14 à 1^h10^m, P. Q. le 20 à 17^h44^m, P. L. le 28 à 18^h59^m ; *apogée* le 1er à 12^h, diamètre app. 29'24" ; *périgée* le 14 à 10^h, diamètre app. 33'26" ; *apogée* le 28 à 14^h, diamètre app. 29'24". Principales conjonctions : avec **Neptune** le 5 à 11^h, à 7°18' N., et avec **Saturne** à 18^h, à 8°19' N. ; avec **Mercure** le 14 à 19^h, à 3°48' S. ; avec **Mars** le 16 à 23^h, à 5°12' S. ; avec **Vénus** le 17 à 9^h, à 2°14' S. ; avec **Jupiter** le 19 à 14^h, à 6°26' S. ; avec **Uranus** le 24 à 3^h, à 2°2' S. Principales occultations : de l'étoile *q Vierge* (5^m,4) le 4, émersion à 3^h1^m,6 ; de 4 *Scorpion* (5^m,6) le 8, émersion à 4^h53^m,1. — **PLANÈTES** : **Mercure**, inobservable, en conjonction sup. avec le Soleil le 2 ; **Vénus**, éclatante étoile du soir, se couche 4^h15^m après le Soleil le 18, diamètre app. 28",8 ; **Mars**, dans les *Poissons*, disparaît au couchant, se couche le 18 à 20^h44^m, diamètre app. 4",5 ; **Jupiter**, dans le *Bélier*, visible le soir, se couche le 18 à 0^h4^m, diamètre polaire app. 35",6 ; **Saturne**, dans la *Vierge*, observable le matin, se lève le 18 à 23^h14^m, diamètre polaire app. 16",3, anneau : grand axe 41",1, petit axe 10",3 ; **Uranus**, dans les *Gémeaux*, observable toute la nuit, position le 18 : $7^h4^m55^s$ et $+23°3'$, diamètre app. 3",8 ; **Neptune**, dans la *Vierge*, observable dans la seconde partie de la nuit, position le 18 : $13^h30^m24^s$ et $-7°37'$, diamètre apparent 2",4. — **ÉTOILES VARIABLES** : Minima observables d'*Algol* (2^m,3-3^m,5) : le 1er à 16^h,4, le 10 à 6^h,8, le 13 à 3^h,6, le 16 à 0^h,4, le 18 à 21^h,2 le 21 à 18^h,0. ; minima de β *Lyre* (3^m,4-4^m,3) : le 6 à 4^m,0, le 19 à 2^h,3 ; maxima : de R *Grande Ourse* (5^m,9-13^m,6) : le 6 ; de RR *Sagittaire* (5^m,8-13^m,3) le 11. — **ÉTOILE POLAIRE** : passage inf. au méridien de Paris : le 10 à $4^h21^m4^s$, le 20 à $3^h41^m33^s$.

Phénomènes remarquables. — La **Lumière zodiacale** le soir au S.-W., en l'absence de la Lune. — La **Lumière cendrée de la Lune** le matin du 10 au 12, et le soir du 16 au 18. — **Vénus à son plus grand éclat** à la fin du mois. — Observer à la jumelle le 15 au soir le **plus grand rapprochement** de Vénus avec l'étoile δ Poissons (4^m,8) à 15'.

(Heures données en **Temps universel** ; tenir compte des modifications introduites par l'heure en usage).

G. FOURNIER.

Le gérant : F. DUNOD. — DUNOD, ÉDITEUR, PARIS. — DÉPÔT LÉGAL : 1er TRIMESTRE 1953, N° 2466. — IMPRIMÉ EN FRANCE.
BARNÉOUD FRÈRES ET Cie, IMPRIMEURS, (310566), LAVAL, N° 2669. — 1-1953.

LES LIVRES NOUVEAUX

Ferromagnetic properties of metals and alloys, par H. Hoselitz. 1 vol. 14 × 22, 217 p., 120 fig., 18 tabl., rel. Oxford University Press. Prix : 40 sh.

Ce volume de la série « Monographs on the physics and chemistry of materials » expose les derniers progrès et la théorie moderne du magnétisme, des courbes analytiques qui s'y réfèrent et de leur accord avec les faits expérimentaux observés sur les métaux et alliages ferromagnétiques, décrits et étudiés en détail ; les corps non magnétiques n'y sont pas inclus. Ouvrage utile à tous ceux qui poursuivent des recherches en physique, en métallurgie et en électricité industrielle.

The chemical revolution, par A. Clow et N. L. Clow. 1 vol. 14 × 22, 680 p., 110 pl. 116 tab., rel. Batchworth Press, Londres, 1952. Prix : 50 sh.

Cet ouvrage a reçu le prix Hume Brown de l'Université d'Edimbourg. Il expose le rôle prépondérant joué par les progrès de la chimie appliquée au cours de la révolution industrielle. Il donne une foule de détails et de renseignements historiques permettant de suivre le développement de la technique chimique jusqu'à la seconde moitié du XIX[e] siècle, où elle a pu enfin s'appuyer sur des connaissances scientifiques précises. Excellente présentation ; texte largement illustré, complété par des diagrammes et de nombreuses références bibliographiques.

Chimie et chimistes, par A. Massain. 1 vol. in-8°, 416 p., ill. Magnard, Paris, 1952.

Cet ouvrage est le pendant de celui déjà publié par l'auteur avec succès, sous le titre : *Physique et physiciens.* Après un résumé de l'histoire de la chimie depuis l'antiquité jusqu'aux temps modernes, il présente dans l'ordre chronologique des textes originaux caractéristiques des hommes qui progressivement ont construit l'édifice prodigieux de la chimie moderne : les alchimistes, Scheele, Lavoisier, Dumas, Pasteur, Berthelot et termine en soulignant la place de cette science dans la société moderne et les joies que procure la recherche scientifique.

Tension superficielle et adsorption, par I. Prigogine et R. Defay. 1 vol. 16 × 25, 295 p., 76 fig., 14 tab., rel. Dunod, Paris, 1952. Prix : 2 600 francs.

Conformément à la méthode utilisée dans l'ouvrage précédent, les systèmes étudiés ici par les auteurs sont dans un état partiel d'équilibre, la répartition de la matière entre les phases en présence ne correspondant pas encore nécessairement à l'équilibre. En particulier l'équilibre d'adsorption peut n'être pas satisfait, ni celui des réactions chimiques, alors que l'équilibre mécanique et thermique est établi. Les auteurs s'attachent à l'étude de l'adsorption sur les surfaces fluides et font une large place à la thermodynamique statistique qui permet de rattacher la tension superficielle à la structure moléculaire. On trouvera ici les résultats encore inédits des travaux originaux des auteurs. C'est un instrument de travail indispensable pour ceux qui utilisent les phénomènes capillaires. Il s'adresse aussi aux ingénieurs, aux professeurs et étudiants et à tous ceux qui s'intéressent aux progrès de la science.

Chimie, aide-mémoire Dunod. Tome I, Mesures constantes physiques des corps chimiques, 1 vol. 10 × 15, 288 p. Tome II, Propriétés et caractéristiques des composés organiques, 312 p. ; Tome III, Chimie minérale. Analyse minérale et analyse organique, 288 p. Dunod, Paris, 1952. Prix relié : 450 F le vol.

L'avance considérable des sciences chimiques a conduit les éditeurs de cet aide-mémoire, dont le succès est bien connu, à diviser cette 65[e] édition en trois volumes d'égale importance. Une table des matières et un index alphabétique permettent de trouver rapidement dans chaque volume le renseignement recherché. Ouvrage indispensable à tous ceux qui, directement ou indirectement, sont intéressés par les questions relevant de la chimie et de ses applications.

PETITES ANNONCES

(150 F la ligne. Supplément de 100 F pour domiciliation aux bureaux de la revue).

M. CARANDINI Y DALLA ROSA, titulaire du brevet français n° **892 937** pour « **Appareil pour faciliter la respiration nasale** », propose cession ou licence d'exploitation à industriel français.

Pour tous renseignements techniques, s'adresser à **Robert J. MILLET,** Ingénieur-Conseil, 6 *bis*, rue Galvani, Paris-17[e].

VENDS *La Nature* 1927-39. F[es] off. sous n° 116.

Le gérant : F. DUNOD. — DUNOD, ÉDITEUR, PARIS. — DÉPÔT LÉGAL : 1er TRIMESTRE 1953, No 2466. — IMPRIMÉ EN FRANCE.
BARNÉOUD FRÈRES ET Cie, IMPRIMEURS, (310566), LAVAL, No 2669. — 1-1953.